

UM MÉTODO PARA ANALISAR TEXTOS ESCRITOS POR ALUNOS ATRAVÉS DE UM MAPA CONCEITUAL REPRESENTATIVO

*A method to analyze texts written by students through the
acquisition of a concept map representative*

*Un método para analizar textos escritos por estudiantes a través de
un mapa conceptual representativo*

**José Vinícius
Martins**

*Instituto de Geociências da
USP*

viniciusmartins@usp.br

Fábio Luís Seribeli

*Instituto de Química da
USP; Programa de Pós-
graduação em Química*

fabioseribeli@usp.br

**Flavio Antonio
Maximiano**

*Instituto de Química da
USP; Programa de Pós-
graduação em Ensino de
Ciências*

famaxim@iq.usp.br

RESUMO

Neste trabalho é apresentada uma metodologia de análise de textos escritos por alunos como resposta a uma questão aberta seguida por uma lista de conceitos indutores. A metodologia consiste em selecionar as proposições conceituais presentes em cada texto, construindo um mapa conceitual e uma matriz adjacência que mostra as relações conceituais existentes. A soma de todas as matrizes produz uma matriz final que permite classificar os conceitos, além de indicar as relações conceituais mais significativas. Um Mapa Conceitual Representativo que sintetiza as principais proposições conceituais presentes no conjunto de textos é então obtido. A aplicação numa turma de Ensino Médio antes e após o ensino dos fatores que alteram a velocidade de reações químicas mostrou que a metodologia é capaz de apontar diferenças significativas nos dois conjuntos de respostas e que tem potencial para uso tanto na pesquisa como no ensino.

Palavras-chave: mapas conceituais, alterações da velocidade de reações, avaliação do aprendizado, ensino de química.

ABSTRACT

This work presents a methodology for analyzing texts written by students as an answer to an open question followed by a list of concepts. The methodology consists of take the conceptual propositions presents in each text, building a conceptual map and an adjacency matrix that shows the conceptual relationships. The sum of all matrices produces a final matrix that allows classifying the concepts, and point out the most significant conceptual links. A Representative Concept Map that summarizes the main conceptual propositions is then building. The application in a high school class before and after teaching the factors that change the speed of chemical reactions showed that the methodology is capable of pointing out significant differences and that it has the potential to be used both in research and in teaching.

Keywords: conceptual mapping, rate reactions changes, learning assessment, chemical teaching.

RESUMEN

Este trabajo presenta una metodología para analizar textos escritos por estudiantes como respuesta a una pregunta abierta seguida de una lista de conceptos. La metodología consiste en seleccionar las proposiciones conceptuales presentes en cada texto, construir un mapa conceptual y una matriz de adyacencia que muestre las relaciones conceptuales existentes. La suma de todas las matrizes produce una matriz final que permite clasificar los conceptos, además de indicar las relaciones conceptuales más significativas. Se obtiene un Mapa Conceptual Representativo que resume las principales proposiciones presentes en el conjunto de textos. La aplicación en una clase de secundaria antes y después de un tema químico mostró que la metodología es capaz de señalar diferencias significativas y que tiene potencial para ser utilizada tanto en la investigación como en la docencia.

Palabras clave: mapas conceptuales, cambios en la velocidad de las reacciones, evaluación del aprendizaje, enseñanza de la química.

1. INTRODUÇÃO

Quando uma pessoa constrói seu mapa conceitual sobre um determinado assunto esta pessoa está ao mesmo tempo expressando e reelaborando sua estrutura conceitual relacionada ao tópico em questão, uma vez que a formulação de proposições curtas, objetivas e significativas requer estabelecer relações conceituais fundamentais e demanda uma carga cognitiva considerável. No entanto, fazer um bom e significativo mapa conceitual requer aprendizado. Exige uma experiência com esta forma de expressão ou gênero textual que requer tempo e compreensão profunda dos princípios que estruturam esta tarefa tais como hierarquia conceitual, proposição, conceitos e outros (Aguiar & Correia, 2013). Dificilmente um mapa conceitual feito por um iniciante na técnica pode ser considerado uma boa expressão de seu conhecimento ou sua estrutura cognitiva a respeito de um dado tema. Assim, não basta conhecer o assunto é preciso dominar a técnica de mapeamento conceitual.

Escrever um breve texto também exige capacidade de expressão e conhecimento sobre o assunto a ser escrito. Entretanto, escrever breves textos em respostas a questões abertas é uma tarefa mais comum nas escolas do que construir mapas conceituais. Parece ser esta uma forma mais convencional de avaliar o que um aluno sabe sobre um tema.

No entanto, na disciplina de Química e, em outras das chamadas Ciências da Natureza, esta prática não é tão comum. O mais comum é que os alunos resolvam mais problemas quantitativos típicos para cada tópico de ensino, deixando de lado questões qualitativas e questões dissertativas. O reconhecimento da Química como uma ciência exata cujos fenômenos podem ser expressos quantitativamente e, principalmente, a tendência a avaliar os alunos somente através de sua capacidade em resolver tais problemas quantitativos, tende a deixar em segundo plano um aspecto fundamental do conhecimento, o aprendizado conceitual que tanto envolve a definição de conceitos científicos, através do estabelecimento de relações com outros conceitos, com dados e fatos, (Pozo & Crespo, 2009) como a utilização destes conceitos para explicar qualitativamente os fenômenos químicos.

Tendo em vista essas considerações sobre a necessidade de propor que alunos escrevam textos que respondam a perguntas abertas que estabeleçam relações entre os principais conceitos envolvidos nesta questão, nosso grupo de pesquisa tem proposto e aplicado como forma de avaliação do aprendizado e, principalmente, como forma de síntese final de um ciclo de estudos, o que temos chamado de questões abertas com uma lista de conceitos indutores. Trata-se simplesmente de uma questão aberta e ampla que pede para que os alunos a respondam considerando uma lista de conceitos necessários para a compreensão do tema e foi inspirada na metodologia de coleta de dados de uma tese de doutoramento (Peixoto, 2003). Tal questão não difere da tarefa de pedir para um aluno construir um mapa conceitual a partir de uma questão focal

tendo em consideração uma lista prévia de conceitos, mas traz a vantagem de ao pedir um texto não se exige de quem responde que se tenha domínio da técnica de mapeamento conceitual.

Por outro lado, considerando ainda a riqueza que os mapas conceituais apresentam como forma de expressão gráfica de um conteúdo, temos procurado formas de transformar estes textos que respondem à uma questão aberta em mapas conceituais levando em conta os conceitos indutores apresentados aos alunos (Junqueira, Silva & Maximiano, 2014).

No caso de questões respondidas por um grupo considerável de alunos. A transformação de cada um dos textos num mapa conceitual gera um novo problema de análise. Se antes tínhamos um grupo de textos agora temos um grupo de mapas de igual número. Pode-se proceder a uma análise qualitativa destes mapas, mas seria o mesmo que proceder a uma análise qualitativa do conjunto de textos. Levando isto em conta nosso grupo tem desenvolvido uma estratégia que visa condensar um conjunto de textos ou mapas conceituais (elaborados por alunos ou obtidos a partir de textos) num Mapa Conceitual Representativo que condensa as proposições conceituais mais presentes neste conjunto de textos ou mapas conceituais (Cavalcanti & Maximiano, 2010).

O objetivo principal do presente trabalho é apresentar uma metodologia de análise de textos mostrando de obter um mapa conceitual representativo que condensa todas as respostas de um grupo de alunos a uma questão dissertativa. Pretende-se também verificar a capacidade desta metodologia em apontar as principais diferenças antes e após a instrução no sentido de fornecer indícios do aprendizado ocorrido.

Para ilustrar a aplicação desta metodologia serão analisados textos que versam sobre os fatores que afetam a velocidade de uma reação química escritos por alunos de uma escola de Nível Médio. No entanto, não é objeto deste estudo analisar profundamente se houve um aprendizado desejado e o que foi aprendido, muito menos avaliar a estratégia de ensino utilizada ou as possíveis dificuldades de aprendizado e suas causas. Queremos aqui apenas ilustrar a estratégia de análise geral de textos escritos por alunos e condensados num único mapa conceitual que captura as relações conceituais estabelecidas na maioria dos textos e discutir as possibilidades que tal estratégia metodológica trazem para a pesquisa e para a avaliação do aprendizado.

A proposta aqui apresentada está baseada num método denominado de Análise Estrutural de Mapas Conceituais (AEMC) desenvolvido por um grupo da Universidade Autônoma do México - UNAM (González-Yoval, Hermosillo-Marina, Chinchilla-Sandoval, Laura García-del Valle & Verduzco-Martínez, 2004) que transforma cada mapa conceitual numa matriz de associação de conceitos. Estas matrizes são então somadas e, para cada um dos conceitos são determinados o número total de relações estabelecidas com outros conceitos (R) e o número de conceitos diferentes que são ligados a este conceito, denominado por frequência (F). Nossa contribuição foi destacar na

matriz final as relações conceituais mais significativas e, com estas, construir um mapa conceitual que contenha as proposições que descrevem estas relações (Cavalcanti & Maximiano, 2010).

Em síntese, o método consiste em: 1) transformar cada texto num mapa conceitual; 2) Cada mapa conceitual é transformado numa matriz de associação de conceitos ou matriz adjacência, que codifica as ligações entre cada par de conceitos presente no mapa respectivo; 3) A soma das matrizes individuais para obter uma matriz final; 4) Análise bidimensional considerando a relação entre R e F e classificação dos conceitos; 5) Seleção dos pares de conceitos mais relacionados; 6) Levantamento e agrupamento das frases de ligação existentes em cada mapa que apresenta a relação conceitual escolhida, e; 7) Construção do Mapa Conceitual Representativo a partir das proposições compostas pelos pares de conceitos selecionados e das frases de ligação agrupadas (Cavalcanti & Maximiano, 2010).

2. BREVE REVISÃO DA LITERATURA

Transformar textos em mapas conceituais permite capturar a estrutura conceitual que está subjacente ao texto e representa-la de uma maneira gráfica e sucinta. Esta atividade não é nova, pelo contrário está na própria gênese dos mapas conceituais como instrumentos de pesquisa. Joseph Novak conta que sua ideia de representar as relações estabelecidas entre conceitos nasceu da necessidade de tratar uma quantidade enorme de transcrições de entrevistas de crianças, gravadas originalmente em áudio, que respondiam a questões feitas por membros de seu grupo de pesquisa (Novak & Musonda, 1991).

Vários trabalhos consistem na elaboração de mapas conceituais a partir de entrevistas (McLemore, Wehry & Carlson, 2016), de livros didáticos (Junqueira & Maximiano, 2020). De uma maneira geral, a estratégia de transformar o conteúdo presente em textos para mapas conceituais, consiste em: codificar os conceitos, identificar as relações entre os conceitos, escrever proposições, montar o mapa conceitual e, por fim, revisar o mapa conceitual como um todo, organizando sua estrutura (García-Salgado & Aguilar-Tamayo, 2016; García-Salgado, Aguilar-Tamayo, Espinosa-Montero & Manzano-Caudillo, 2014).

Outros trabalhos propõem um método para a construção de mapas conceituais a partir de textos através de uma geração automática. O processo de construção automática dos mapas conceituais requer grande esforço tecnológico e de processamento, em especial devido a demanda das técnicas de extração de informações, que devem ser capazes de identificar conceitos que são relevantes para um domínio particular, identificar frases de ligação que tornam a relação significativa entre dois conceitos e definir a hierarquia de conceitos que serão exibidos no mapa e construir links entre conceitos que não são diretamente evidentes (Aguiar & Cury, 2016). Neste campo há uma série de abordagens distintas que, conseqüentemente, podem gerar mapas distintos (Aguiar, Cury & Zouaq, 2018). Alguns até muito distintos daqueles feitos manualmente por um bom mapeador

(Olney, Cade & Williams, 2011) e em geral muito extensos, uma vez que todos os conceitos (substantivos) presentes no texto são considerados (Péres & Vieira, 2005). De qualquer forma, um método automático para ser útil deve ser implementado para cada língua específica (Kowata, Cury & Boeres, 2011) o que impossibilita o uso geral de qualquer *software* implementado em outro idioma.

Em todos os casos aqui citados, o objetivo é sempre obter um mapa conceitual que traduza o conteúdo presente num único texto. A inovação aqui apresentada, independentemente da forma como se obtém cada mapa de cada texto, quer seja manual quer seja automatizada, é de somar todos os mapas obtidos e representa-los num único mapa conceitual aqui chamado de mapa conceitual representativo que sintetiza as relações conceituais mais significativas presentes em todos os textos.

3. COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados numa turma de segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública situada no município de Santo André no estado de São Paulo. Durante o processo de pesquisa, observou-se que as aulas eram normalmente ministradas de forma expositiva pelo professor, da maneira mais tradicional possível, com pouco diálogo e interatividade quase nula. O professor não era efetivo na escola e, portanto, não possui historicidade necessária com os alunos das séries finais (segundo e terceiro ano). Em relação às séries iniciais, o mesmo disse trabalhar com certo “afastamento” por saber que pode ser substituído no ano seguinte. Já os alunos eram, de certa forma participativos e pouco atrapalham a exposição do professor. Apresentavam um conhecimento químico geral muito abaixo do esperado para o nível escolar. A infraestrutura da escola nada oferecia ao trabalho prático, não existia um laboratório em funcionamento. Este fato é significativo, uma vez que o tema aqui abordado apresenta a necessidade de observações diretas do fenômeno envolvido.

O tema “fatores que afetam a velocidade de reações químicas” foi abordado em duas aulas expositivas de 45 minutos. Na primeira aula, antes da abordagem do tema, foi pedido para que os alunos escrevessem um parágrafo descrevendo como é possível interferir na rapidez de uma reação química utilizando-se para isto de uma lista de conceitos previamente fornecidos (Figura 1). Neste momento 34 alunos elaboraram seus textos e estes dados serão aqui denominados como textos pré-ensino. No início da terceira aula, após as duas aulas onde o tema foi abordado, 30 alunos executaram novamente a mesma tarefa. Estas últimas serão chamadas de textos pós-ensino.

No texto de comando da tarefa foi informado aos alunos que eles poderiam utilizar outras palavras se julgassem necessário. Também optou-se por utilizar o termo *rapidez de reação* no enunciado por ser menos técnico e mais usual. No entanto, na lista de conceitos havia também o conceito *velocidade*, o que permite comparar se a preferência por um conceito ou outro tende a mudar com

o ensino. Vale aqui lembrar que alguns autores (GEPEQ, 2004) têm proposto o uso do termo *rapidez de reação* ao invés de *velocidade de reação* ou, até mesmo, utilizado os dois termos, uma vez que o conceito *velocidade*, mais geral, se refere a uma grandeza de natureza vetorial, o que não é o caso de *velocidade de reação química* que na verdade se refere a uma taxa de variação expressa pela derivada da concentração dos componentes do sistema em função do tempo de reação.¹ Nosso objetivo aqui não foi o de adotar um ou outro termo mas, como dito antes, verificar a preferência de uso pelos estudantes antes e após o ensino.²

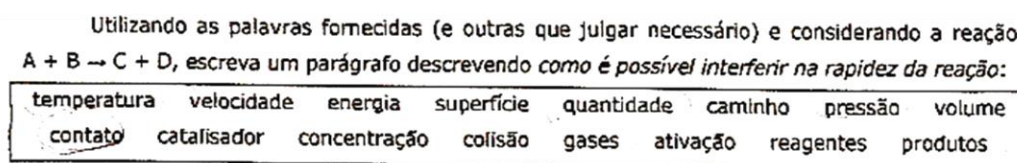


Figura 1 – Questão com conceitos indutores. Tarefa pedida aos alunos pré e pós-ensino.

A escolha dos dezesseis conceitos indutores (Figura 1) se deu considerando os fatores que afetam a velocidade de reação normalmente abordados em livros-didáticos como *temperatura*, *superfície de contato* para reagentes sólidos, *pressão* e *concentração*. Acrescentou-se também *volume* que está diretamente ligado à *concentração* dos componentes do sistema reacional e à *pressão* do sistema. *Colisão* foi indicada considerando que o mecanismo molecular que provoca a alteração na velocidade de reação envolve o aumento das colisões entre as partículas reagentes presentes no sistema. *Quantidade* por, no senso comum, estar relacionada à *concentração*. *Produtos* e *reagentes* porque são as denominações dos constituintes do sistema reacional. *Caminho*, *energia* e *ativação* por estarem relacionados aos conceitos de caminho reacional (mecanismo de reação) e energia de ativação, a energia mínima necessária para que a reação ocorra. *Catalisador* por ser um conceito novo abordado exatamente neste tópico. Optou-se por não apresentar os conceitos superfície de contato, energia de ativação em sua forma composta, mas colocar as palavras separas. Isto porque o objetivo era de capturar nos textos as concepções prévias dos alunos, mesmo diante de conceitos aos quais estas ainda não haviam sido apresentados. Considerou-se aqui que as palavras apresentam diversos significados em diferentes contextos e o aprendizado conceitual envolve uma reelaboração destes significados expressa principalmente na relação do novo conceito aprendido com outros conceitos já conhecidos.

¹ Na língua inglesa se utiliza o termo *reaction rate* que seria melhor traduzido por *taxa de reação*.

² Nas aulas expositivas o professor fez constantemente o uso do termo velocidade de reação e somente velocidade, como é o mais comum.

4. ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

3.1 Tratamento dos textos

De posse dos textos escritos pelos estudantes passou-se a etapa de tratamento destes dados. Num primeiro momento, com o auxílio do *software* CMapTools (Cañas et. al. 2004), cada texto foi transformado num mapa conceitual considerando os conceitos indutores e outros eventualmente utilizados. Nesta etapa, o texto foi reescrito na forma de proposições para cada par de conceitos relacionados no texto procurando manter o sentido dado na resposta do aluno (Junqueira & Maximiano, 2020). Utilizou-se como unidade de significado e análise cada frase do texto. Por exemplo, nas figuras 2 e 3 são mostrados em A o texto original escrito por dois estudantes diferentes, um texto escrito previamente às duas aulas sobre o assunto (Figura 2) e outro após as aulas (Figura 3). Como o objetivo é ser o mais fiel possível ao texto e ressaltar no mapa conceitual a existência de relações feitas em cada par de conceitos, admitiu-se nesta etapa a construção de proposições sem a presença de verbos na frase de ligação (indicado em vermelho nas Figuras 2B). É o caso, na Figura 3B, das proposições *quantidade* → de → *soluto*; *quantidade* → de → *solvente* e *ativação* → dos → *reagentes* (Figura 3B).

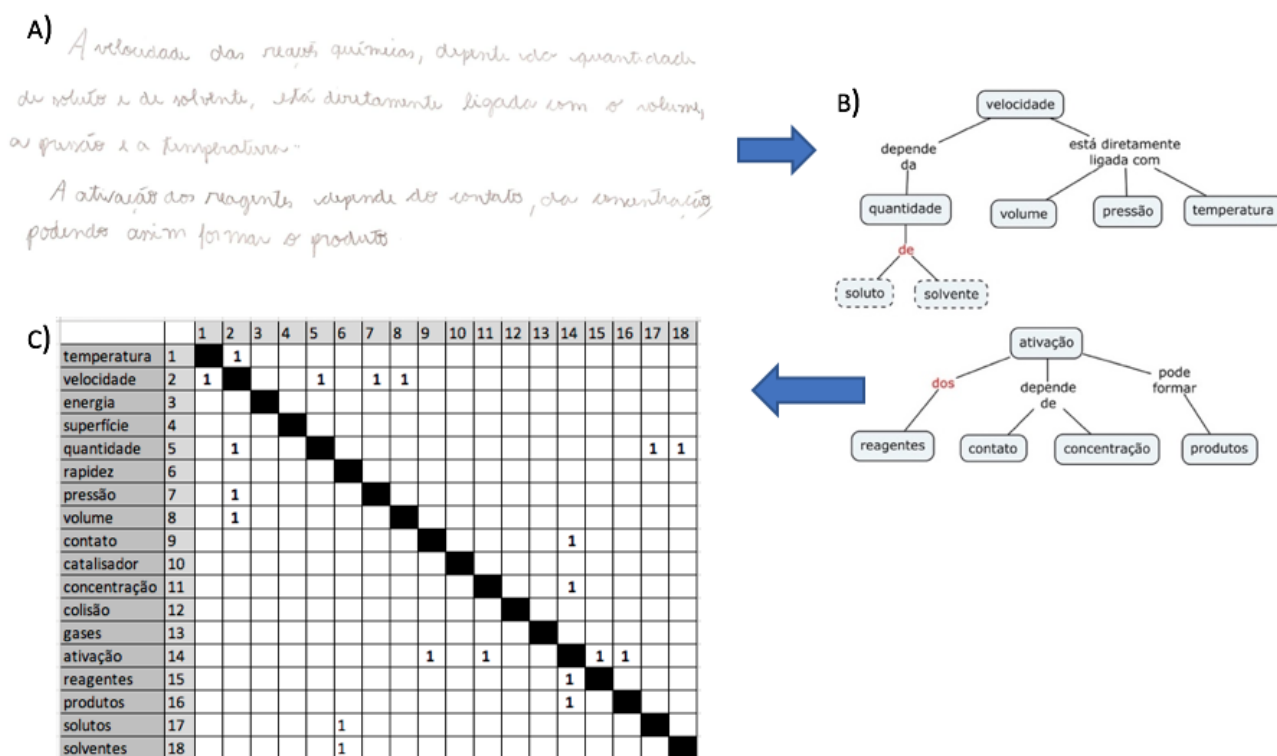


Figura 2 – Exemplo de dado obtido pré-ensino: A) Texto escrito pelo aluno; B) Mapa conceitual construído a partir do texto, e; C) Matriz adjacência correspondente ao mapa conceitual.

Vale aqui lembrar que na elaboração de um bom e compreensivo mapa conceitual a frase de ligação deve, necessariamente, apresentar um verbo que indique claramente o tipo de relação existente entre os dois conceitos (Cañas, Novak & Reiska, 2015). No mapa da figura 2 a proposição

quantidade → de → *soluto* só pode ser compreendida quando se lê antes a proposição anterior
velocidade → depende da → *quantidade*. Este é um erro comum apresentado por iniciantes na técnica de mapeamento conceitual. Aqui, optou-se por manter uma proposição incorreta, do ponto de vista formal, mas manter o cômputo da relação entre os conceitos em questão. Uma correção formal foi deixada para o mapa conceitual representativo do grupo, como será mostrado mais à frente.³

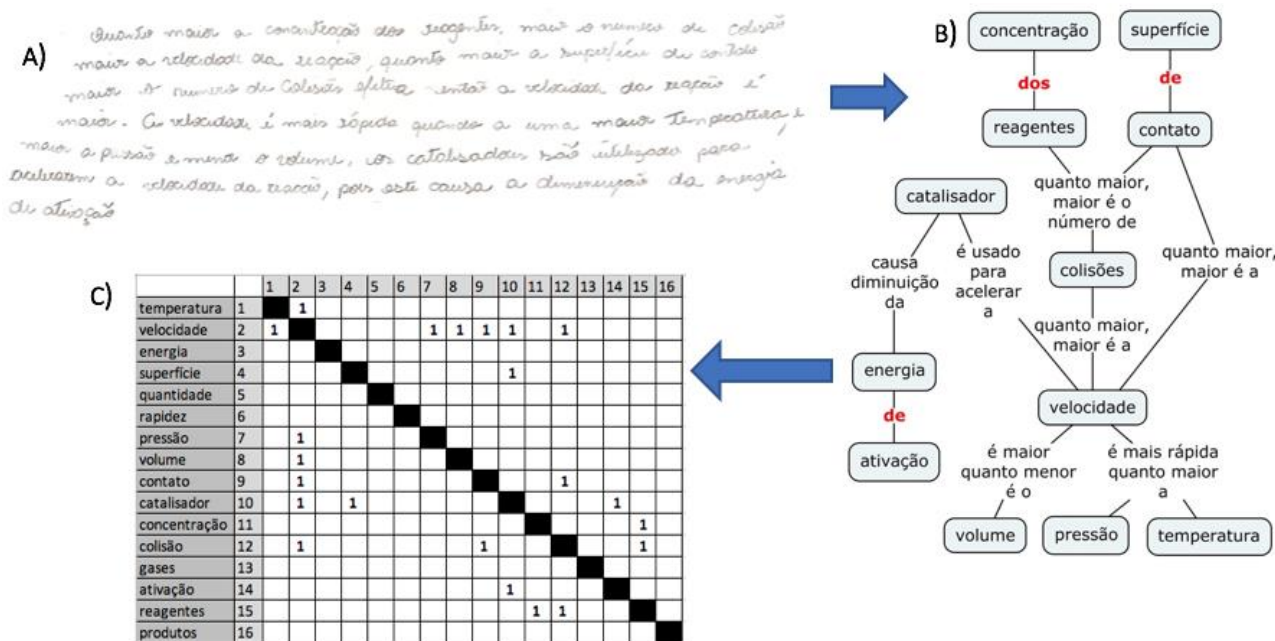


Figura 3 – Exemplo de dado obtido pré-ensino: A) Texto escrito pelo aluno; B) Mapa conceitual construído a partir do texto, e; C) Matriz adjacência correspondente ao mapa conceitual.

Os dois exemplos aqui apresentados foram escolhidos de modo a mostrar dois textos distintos e as consequentes diferenças observadas entre os mesmos expressas nos mapas conceituais obtidos. O primeiro é um texto escrito pré-ensino composto por dois parágrafos curtos (Figura 2A). O mapa conceitual obtido apresenta-se fragmentado em duas partes indicando que não há relação conceitual entre as ideias apresentadas no primeiro e no segundo parágrafos. O mapa é constituído por dez ligações estabelecidas entre doze conceitos, o que dá uma densidade de ligações (relação entre ligações e conceitos) igual a 0,83. As frases de ligação são simples indicando apenas que existe alguma relação entre os conceitos. Tais frases refletem ideias mais gerais como *depende de/da* ou *está diretamente ligada a*, que denotam que o aluno sabe ou infere que existe uma relação entre as variáveis *pressão*, *temperatura*, *quantidade* (aqui relacionada à *concentração*) e *volume* com a *velocidade* de reação, ou seja, previamente ao estudo do tema o aluno parece inferir, relacionando a outros temas da química que as variáveis de função de estado devem influir na velocidade de uma reação química, mas não sabe ainda como influem. O conceito *ativação* é

³Este é uma questão comum que ocorre quando passamos nos deparamos com o trabalho de transpor o conteúdo de um texto discursivo para um mapa conceitual. A alternativa para isto seria, ao invés das três proposições aqui apresentadas, reescrever duas novas proposições usando conceitos compostos por duas palavras, como: *velocidade* → depende da → *quantidade de soluto* e *velocidade* → depende da → *quantidade de solvente*.

utilizado no sentido de que durante a reação é preciso “ativar” os reagentes para formar os produtos e esta “ativação” depende da *concentração* e do “*contato*” entre os mesmos.

Já o texto escrito por outro aluno pós-ensino é maior e composto por um único parágrafo dividido em duas frases. No mapa obtido constam também doze conceitos relacionados através de onze ligações. O que dá uma densidade próxima ao anterior, 0,92. No entanto o número de frases de ligação distintas é maior do que no caso pré-ensino. São sete frases diferentes contra quatro, o que indica a expressão no texto de um pensamento mais rico sobre o tema. Isto é ainda mais perceptível quando se observa a estrutura mais elaborada e específica das frases de ligação obtidas. Frases como: *quanto maior, menor é* e *causa diminuição da*, denotam que, mais do que inferir possíveis relações entre as variáveis o aluno agora sabe como estas variáveis influenciam na velocidade. Outro aspecto importante é ver as relações *concentração de reagentes*, *superfície de contato* e *energia de ativação*. Embora no mapa aqui construído, como explicado anteriormente, estas relações incorretas do ponto de vista informal foram feitas para expressar as relações feitas entre os conceitos indutores no texto, elas denotam o uso de conceitos compostos, mais específicos e centrais ao tema estudado. Também se observa que o conceito central *velocidade* une as duas ideias expressas nas duas frases que compõe o texto uma vez que três relações conceituais confluem para este conceito e três outras saem do mesmo.

As observações feitas aqui podem também ser obtidas através de uma análise direta do conteúdo dos textos. No entanto, é nítido que ao transforma-los em mapas estas se tornam visualmente evidentes, devido à natureza gráfica e sucinta de um mapa conceitual. São mais evidentes ainda, outros aspectos acima citados com o conceito ou relação conceitual que liga diferentes parágrafos ou frases do texto, ou se ainda há conexões entre diferentes ideias expressas num texto claramente detectadas através de ligações cruzadas presentes no mapa conceitual correspondente, não vistas nos dois casos ilustrativos aqui apresentados. Tais aspectos estão diretamente relacionados à uma estrutura conceitual da cognição do indivíduo expressa em seu texto.

Dos mapas conceituais foram obtidas as respectivas matrizes adjacência que indicam a existência da ligação entre os conceitos que formam um mapa conceitual e, respectivamente, está presente no texto (Figuras 2C e 3C). Uma matriz adjacência é uma matriz quadrada de dimensão N igual a ao número de conceitos. Trata-se de um ente matemático utilizado para representar grafos que são objetos gráficos compostos por um conjunto vértices (V) unidos por uma coleção de arcos (E). Cada arco une um par de vértices qualquer que apresente algum tipo de relação. A perspectiva aqui, é reconhecer que um mapa conceitual pode ser representado por um grafo onde os conceitos compõem o conjunto de vértices e as ligações entre estes compõem o conjunto de arcos.

Uma matriz adjacência que corresponde à matriz de associação conceitual proposta na AEMC (Gonzales-Yoval, et. al. 2004) é obtida, com o auxílio de um software de planilha de cálculos onde, a intersecção da matriz linha i e coluna j (posição ij) corresponde aos conceitos C_i e C_j , que

compõem uma proposição do mapa conceitual, é marcada com o número 1.⁴ Seguindo a indicação acima apresenta, obtém-se uma matriz em que a leitura linha-coluna guarda a ordem de leitura da proposição conceitual do mapa. Neste trabalho, marcamos na matriz tanto a intersecção da linha i com a coluna j (posição ij) como o inverso, a intersecção da linha j com a coluna i (posição ji) (Cavalcanti & Maximiano, 2010). Com isto, perdemos a informação do sentido da proposição conceitual, *conceito 1* $\rightarrow$ *frase de ligação* $\rightarrow$ *conceito 2* mas, como será mostrado à frente, garantimos o correto cômputo do número total de relações feitas para cada um dos conceitos bem como do número de diferentes conceitos que se apresentaram foram relacionados com cada um.⁵ Isto também evita que uma relação entre dois conceitos quaisquer 1 e 2 que tenha sido escrita na forma indireta, *conceito 2* $\rightarrow$ *frase de ligação* $\rightarrow$ *conceito 1*, seja marcado como outra relação conceitual.

3.2 Análise bidimensional dos conceitos

Cada matriz correspondente a um mapa conceitual de um dos grupos de textos foi montada numa planilha e todas as planilhas foram então somadas de maneira a se obter uma matriz adjacência total onde cada posição ij ou ji indica o número total de relações feitas para cada par de conceitos (Figura 4). Ao somarmos os valores presentes em cada linha da matriz obtemos o número total de relações (R) feitas para cada conceito. Esse parâmetro é o exato número de ligações que saem ou chegam a um dado conceito em todo o conjunto de mapas conceituais. Como este valor depende do número de respostas (textos e, consequentemente mapas) optou-se dividindo-o pelo número de respostas (N). Assim, tem-se um novo parâmetro normalizado (R/N). Isto torna diretamente o número de resposta pré-ensino (34) com o número de resposta diferentes pós-ensino (30).

Outro parâmetro importante aqui é o número de relações conceituais obtidas em todo o conjunto de mapas de um determinado conceito com os outros conceitos indutores ou utilizados pelos alunos que tiveram destaques. Este parâmetro é chamado aqui de frequência de relações (F). No caso deste estudo somente foram considerados os conceitos indutores que são dezesseis no total. Assim, um conceito que não foi utilizado no texto apresenta $F=0$ e outro que tenha, no conjunto de todas as respostas, sido relacionado com todos os demais conceitos, $F=16$.⁶

⁴ Neste trabalho as matrizes foram montadas desta forma manual aqui descrita. Em outros trabalhos nosso grupo tem utilizado outros softwares que permitem a obtenção automática de matrizes a partir de textos (Junqueira, Silva e Maximiano, 2014). Tais softwares são: ALA Reader (Clariana, 2004) e Hamlet (Brier&Hopp, 2010).

⁵ É o caso do trabalho original que inspirou o desenvolvimento desta metodologia (Gonzalez-Yoval, 2004). Nosso grupo de pesquisa tem proposto a estratégia de marcar linhas e colunas de pelas razões expostas no texto (Cavalcanti & Maximiano, 2010).

⁶ O leitor pode observar que no caso do exemplo apresentado na Figura 3 foram utilizados outros dois conceitos que não estavam na lista de conceitos indutores (soluto e solvente). Como estes conceitos foram utilizados numa única resposta, estes foram desconsiderados na matriz adjacência final.

A)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	R	R/N	F
temperatura	1		12	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	8	2	42	1,24	4	
velocidade	2	12		2	0	4	0	6	6	0	2	2	0	0	4	2	40	1,18	9	
energia	3	0	2		0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,12	2	
superfície	4	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	
quantidade	5	0	4	0		0	10	0	0	0	0	2	0	0	4	2	22	0,65	5	
rapidez	6	20	0	2	0	10		6	12	2	0	10	0	0	4	0	66	1,94	8	
pressão	7	0	6	0	0	0	6		0	0	0	0	0	0	0	0	12	0,35	2	
volume	8	0	6	0	0	0	12	0		2	0	0	0	0	0	0	20	0,59	3	
contato	9	0	0	0	0	0	2	0	2		0	0	0	0	2	0	0	6	0,18	3
catalisador	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	2	0,06	1
concentração	11	0	2	0	0	2	10	0	0	0	0		0	0	2	2	0	18	0,53	5
colisão	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0,00	0
gases	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0,00	0
ativação	14	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0		2	0	6	0,18	3
reagentes	15	8	4	0	0	4	4	0	0	0	0	2	0	0	2		2	26	0,76	7
produtos	16	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		6	0,18	3
																	mediana	9	0,26	3

B)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	R	R/N	F
temperatura	1	22	2	0	0	4	0	0	0	0	0	5	0	2	0	35	1,17	5	
velocidade	2	22	6	14	4	2	10	3	16	16	8	6	0	6	0	113	3,77	12	
energia	3	2	6	0	0	2	2	0	0	20	2	0	24	4	0	62	2,07	8	
superfície	4	0	14	0	0	2	0	0	21	0	0	4	0	0	2	43	1,43	5	
quantidade	5	0	4	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	6	2	16	0,53	5	
rapidez	6	4	2	2	2	0	2	0	6	6	2	0	0	6	3	35	1,17	10	
pressão	7	0	10	0	0	2	7	0	2	0	8	0	0	0	0	29	0,97	5	
volume	8	0	3	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0,33	2	
contato	9	0	16	0	21	0	6	0	0	0	8	0	0	0	0	51	1,70	4	
catalisador	10	0	16	20	0	0	6	2	0	0	0	2	0	20	0	66	2,20	6	
concentração	11	0	8	0	0	2	0	0	0	0	10	0	0	3	0	23	0,77	4	
colisão	12	5	6	2	4	2	0	8	0	8	2	10	0	0	2	49	1,63	10	
gases	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	
ativação	14	0	6	24	0	0	6	0	0	20	0	0	0	0	0	56	1,87	4	
reagentes	15	2	0	4	2	6	3	0	0	0	3	2	0	0	0	22	0,73	7	
produtos	16	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,07	1	
mediana																35	1,17		

Figura 4 – Matrizes adjacência finais (A: pré-ensino e B: pós-ensino) obtidas da soma das matrizes adjacências correspondentes a cada mapa conceitual. Como estes mapas refletem as relações conceituais nos textos, podemos dizer que essas matrizes são um ente matemático que apresenta todas as relações conceituais presentes no conjunto de textos escritos pelos alunos.

Nota: Estão marcadas as relações conceituais que foram feitas quatro vezes ou mais. Este valor é usado como corte para a construção do mapa conceitual representativo.

Uma análise bidimensional foi feita através do gráfico que relaciona R/N em função de F (Figuras 5 e 6). Tais gráficos foram divididos em quadrantes demarcados por linhas que cortam os valores das medianas de R/N e F. Assim, os conceitos foram classificados em **dominantes** (que apresentam altos valores de R/N e F), **raros** (baixos valores de R/N e F), **ocasionais** (altos valores de R/N e baixos valores de F) e **constantes** (baixos valores de R/N e altos valores de F).

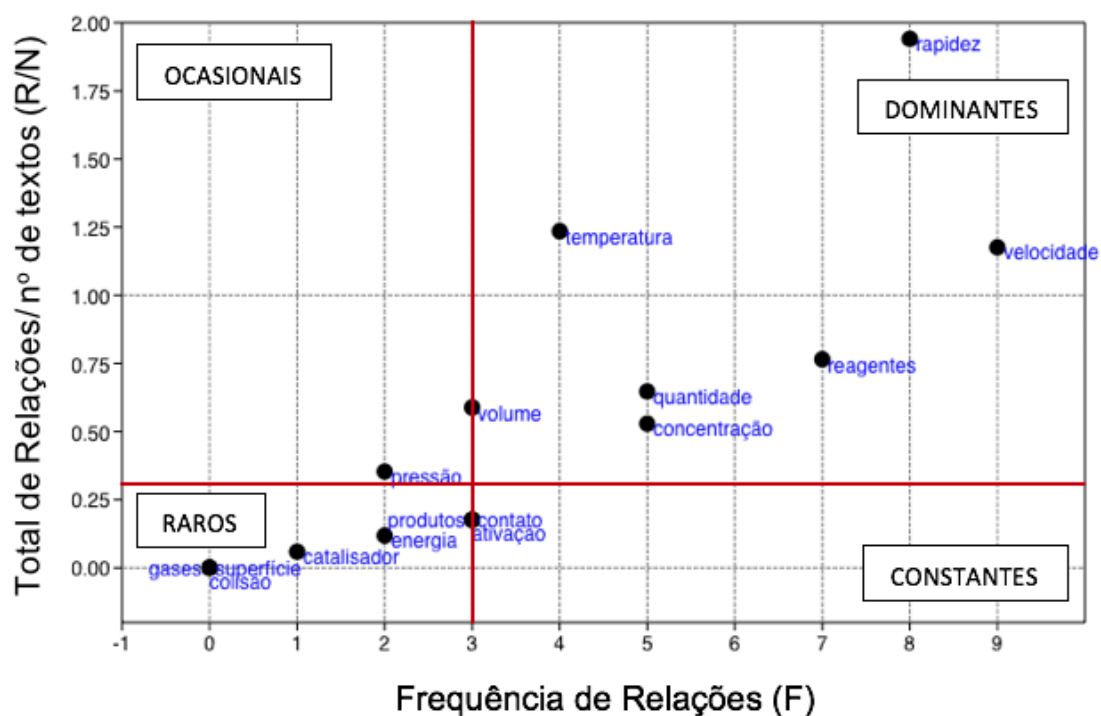


Figura 5– Análise bidimensional feita para os conceitos indutores para a matriz adjacência que representa o grupo de textos pós-ensino. As linhas vermelhas são traçadas a partir das medianas dos valores de R/N e F.

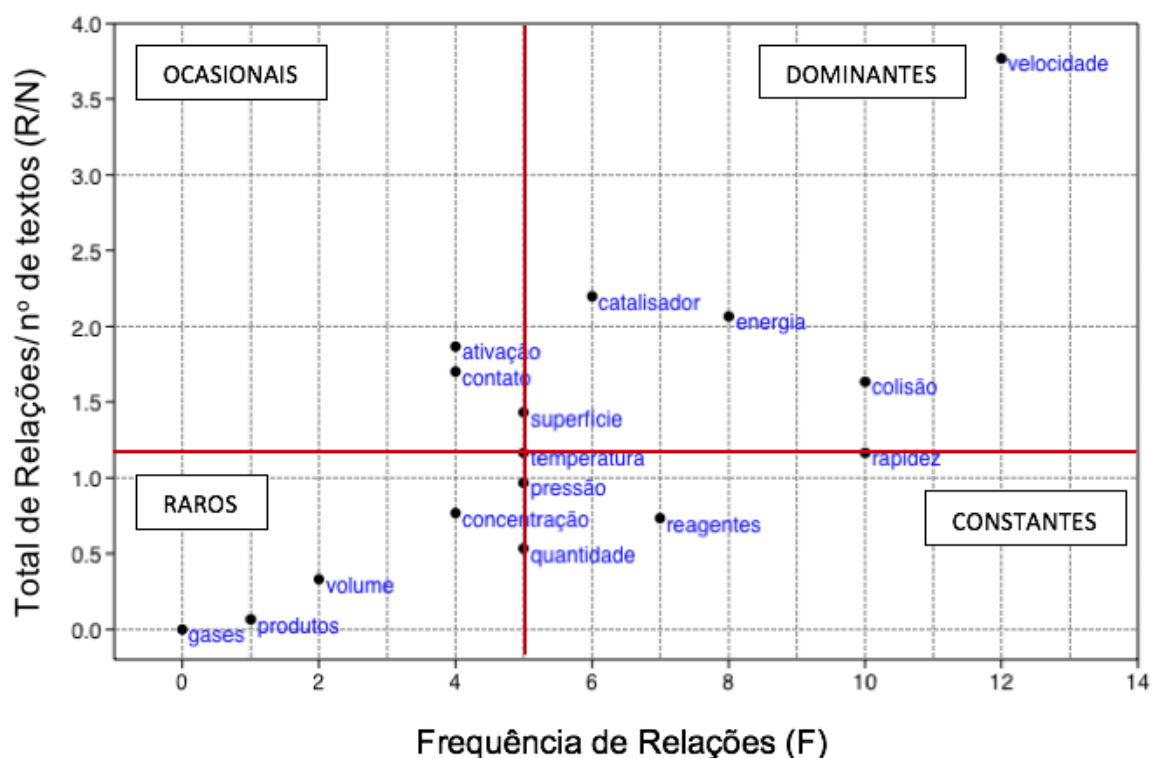


Figura 6 – Análise bidimensional feita para os conceitos indutores para a matriz adjacência que representa o grupo de textos pós-ensino. As linhas vermelhas são traçadas a partir das medianas dos valores de R/N e F.

Como conceitos **dominantes** tanto no pré-ensino como no pós-ensino foram classificados: *rapidez* e *velocidade* (referentes ao tema central) além de *temperatura*. Foram exclusivamente **dominantes** nos textos pré-ensino: *concentração*, *quantidade*, *reagentes* e *volume*, que juntos à temperatura constituem os fatores que alteram a velocidade de reação. Já para os textos pós-ensino: *catalisador*, *colisão*, *energia*. Exatamente os conceitos novos e extremamente centrais para o tema das velocidades de reações químicas. Além de *superfície*, fator importante para reações envolvendo sólidos.

Os conceitos classificados como **raros** foram bem diferentes entre as amostras de texto pré e pós-ensino. A única exceção foi *gases* que não foi utilizado em nenhum texto. Os textos escritos antes dos alunos terem contato com as aulas sobre o tema foram classificados como raros os importantes conceitos: *catalisador*, *colisão*, *energia* e *superfície*. Já após as aulas foram raros os conceitos *concentração*, *produto* e *volume*.

Os conceitos *ativacão* e *contato*, que completam e qualificam os conceitos *energia* e *superfície* como *energia de ativacão* e *superfície de contato*, foram classificados como **constantes**, ou seja, estão entre os valores de RF maiores ou iguais à mediana, no grupo de textos pré-ensino. O inverso foi observado nos textos pós-ensino, onde esses conceitos foram classificados como **ocasionais**

(alto R/N e baixo F). Isto indica que, após as aulas os alunos passaram a usar mais estes conceitos complementares de maneira a relacioná-los mais a poucos conceitos diferentes, provavelmente mais relacionados à *energia* e *superfície*. O único conceito **ocasional** no grupo pré-ensino é pressão que no grupo pós-ensino passou a ser **constante**. Como **constante** foi classificado também os conceitos *quantidade* e *reagente* nos textos pós-ensino.

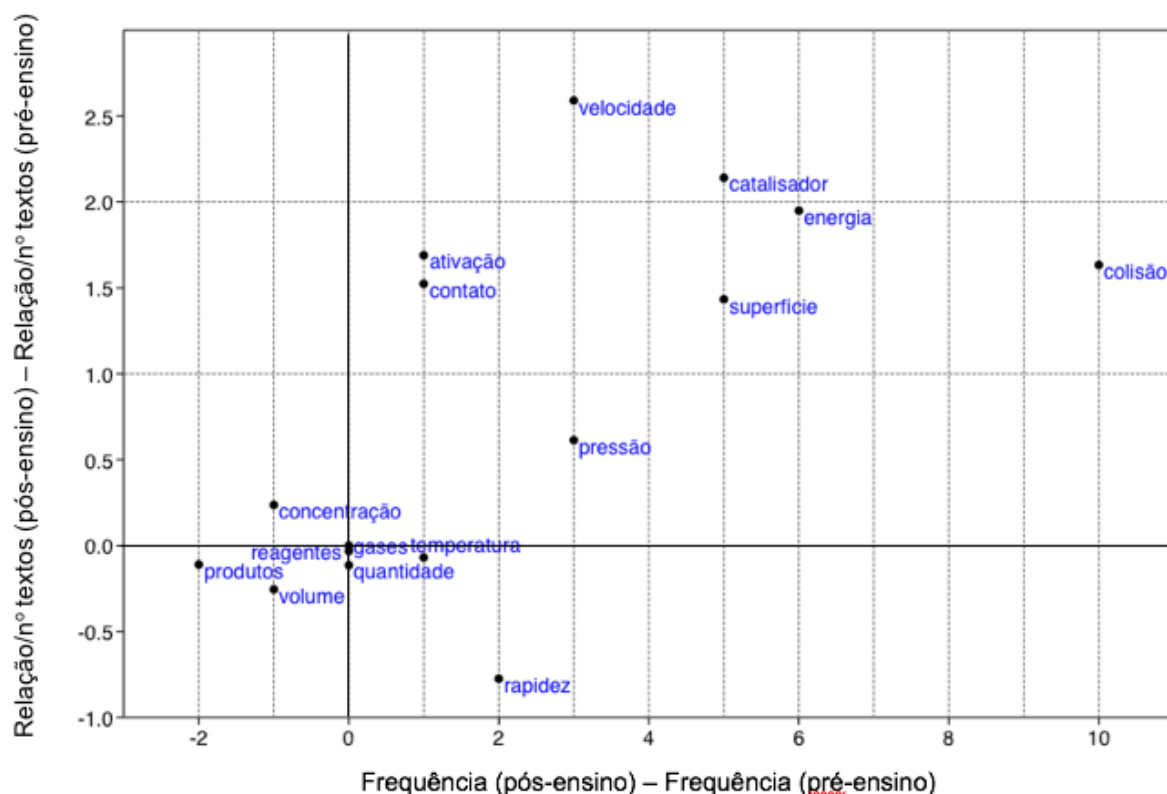


Figura 7 – Variações nos valores de R/N que expressa o número de ligações conceituais estabelecidas em cada resposta e F que representa o número de diferentes conceitos conectados para os textos pós e pré-ensino.

As diferenças no tipo de uso dos conceitos nos textos, indicadas pela análise bidimensional podem ser melhor observadas quando se constrói o gráfico das diferenças entre os valores obtidos para R/N e F entre os grupos pós e pré-ensino (Figura 7). A principal observação que pode ser feita neste caso é as alterações nos valores dos conceitos *velocidade* e *rapidez*. *Velocidade* aumentou o número de conceitos conectados (F) em três novos conceitos e aumentou em mais de três vezes o número de relações feitas por texto (R/N). Em compensação *rapidez* caiu quase que em uma unidade no valor de R/N indicando que os alunos no pós-ensino utilizaram muito mais o conceito *velocidade*, também utilizado pelo professor nas aulas, do que *rapidez*. *Ativação* e *contato* apresentaram, principalmente, um aumento no valor de R/N. *Pressão* também apresentou aumento em sua utilização, principalmente no número de conceitos distintos conectado ligação. Três conceitos importantes para o tema (*catalisador*, *energia* e *superfície*) apresentaram um significativo aumento tanto nos valores de R/N quanto F, assim como *colisão* que teve principalmente um aumento expressivo tanto apresentando mais conexões totais por texto como passou a ser conectado a mais dez conceitos distintos. Por fim, há um grupo de conceitos que não apresentaram uma variação

grande em F ou R/N (*gases* – que não foi utilizado em nenhum caso, *temperatura*, *quantidade*, *volume*, *reagentes*, *produtos* e *concentração*).

3.3 Construção dos Mapas Conceituais Representativos

Finalmente, de posse das matrizes adjacências totais, obtidas da soma de todas as matrizes que representavam cada mapa/texto, foram construídos Mapas Conceituais Representativos (MCR) para o conjunto das respostas pré e pós-ensino. O procedimento adotado consistiu em construir um mapa a partir das relações entre conceitos que apareceram conectados quatro ou mais vezes, o que corresponde a cerca de 12% do número de textos escritos. Este valor é arbitrário e o que se buscou foi obter um mapa conceitual com um número razoável de ligações que indiquem, que seja possível a leitura e que estas conexões sejam representativas do que foi estabelecido pelo grupo de alunos. Assim, assumiu-se aqui que relações menores que quatro não seriam significativas. Outro critério possível é fazer um corte num valor tal em que todos os conceitos utilizados estejam presentes no MCR .

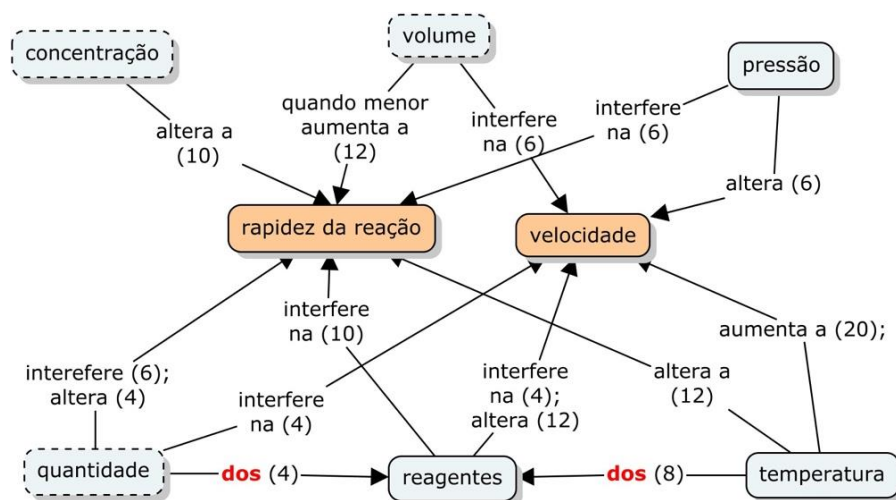


Figura 8– Mapa conceitual representativo do grupo de 34 textos escritos pré-ensino.

Nota: Em laranja os conceitos relativos ao tema estudado. Frases de ligação em vermelho denotam frases incorretas sem verbo, mas que aqui foram indicadas para mostrar as relações conceituais feitas. Os conceitos em linhas tracejadas se relacionam à concentração.

A seguir, com o auxílio das matrizes individuais, cada mapa que contém uma determinada relação foi revisto e as frases de ligação utilizadas entre os dois conceitos em questão foram listadas, agrupadas em categorias e computadas. O MCR para os dados pré e pós ensino foi então montado colocado na linha que unem os conceitos as frases de ligação mais típicas e os valores correspondente à quantidade de casos compreendidos nesta categoria (Figuras 8 e 9).

Todas as discussões feitas a partir dos MCRs devem levar em conta que o que o mesmo mostra é uma soma das relações conceituais mais salientes no grupo e não que todos os alunos apresentem em seus textos uma determinada proposição ou relação conceitual. Os valores apresentados nas frases de ligação indicam a ocorrência total desta relação indicada possivelmente o número de alunos que a apresentaram.

O MCR pré-instrução (Figura 8) apresenta apenas 8 conceitos dos 16 previamente fornecidos unidos por um total de 13 ligações, mostrando que os alunos utilizaram poucos dos conceitos fornecidos e os textos eram pequenos e simples. Tanto os conceitos *rapidez de reação* (40 relações) quanto *velocidade* (66 relações) foram largamente utilizados. Quanto aos fatores que afetam a velocidade de uma reação química a temperatura aparece como fator predominante nos textos (94% dos casos), seguido de quantidade (53%), volume (35%) e concentração (29%). Tanto *quantidade*, simplesmente ou *quantidade de reagentes*, como concentração estão relacionados e foram utilizados indistintamente. *Volume* também parece se referir à *quantidade* mas também à *pressão* pois, quanto menor o volume, maior a concentração e a *pressão dos reagentes* e maior a *velocidade de reação*. Assim, de maneira geral, percebe-se que os alunos claramente possuem dificuldades em distinguir propriedades extensivas de intensivas.

A rapidez de reação é, frequentemente, confundida com tempo da reação, ou seja, reações que ocorrem em menor tempo são, nas respostas obtidas, mais rápidas. Tal resposta é esperada, já que os alunos não possuem a conceituação de que rapidez ou velocidade de reação seja definida como a variação do número de mols de reagentes ou produtos com o tempo.

De uma maneira geral os alunos reconheceram então, antes de serem expostos ao ensino, que a *concentração*, a *temperatura*, a *pressão* e o *volume* que são propriedades do sistema reacional devem interferir na velocidade da reação. No entanto, estes alunos apenas estabelecem uma reação de causalidade com o uso dos verbos interferem ou afetam. Ao que parece, ao serem submetidos a estas variáveis como conceitos indutores eles inferiram que estas devem ter alguma influência, como têm em outros fenômenos, mas não sabem ainda como se dá esta influência.

A estrutura geral de um mapa conceitual também é um parâmetro importante de análise. Um mapa conceitual Novakiano é formalmente hierárquico, com os conceitos mais gerais no topo e os mais específicos abaixo de maneira que a cada nível hierárquico seguinte é mais específico que o anterior (Novak & Gowin, 1984). No caso de um MCR esta estrutura hierárquica não tem necessariamente este mesmo significado. Em primeiro lugar, um texto tem uma forma linear sendo mais difícil extrair uma hierarquia entre os conceitos presentes no mesmo. Em segundo lugar, que estabelece a estrutura hierárquica é quem constrói o mapa conceitual, neste caso não são os alunos, mas os pesquisadores. De qualquer forma há uma estrutura e neste caso podemos chamá-la de concêntrica com os conceitos principais (velocidade ou rapidez de reações) no centro e os fatores que afetam estão em volta ligados aos dois conceitos principais. Esta estrutura reflete a tentativa de responder à questão pedida.

Sobre o MCR pós-instrução, pode-se verificar que nas respostas dos alunos os conceitos fornecidos foram mais utilizados (12 de 16) e refletem uma certa apropriação destes conceitos pelos alunos. O número de relações entre estes conceitos chega a 18. Neste momento o conceito *velocidade* está presente em 113 relações e foi usado em preferência ao termo *rapidez*, presente em ainda 35

relações. Isto deve ser interpretado em função da observação feita de que o conceito utilizado durante as aulas pelo professor era justamente *velocidade de reação*. O número de conexões construídas entre os conceitos foi significativamente maior que no MCR pré-ensino.

Como fatores que alteram a velocidade das reações químicas foram largamente citados: *temperatura* (88%), *catalisador* (76%), *pressão* (53%), *concentração* (53%), *superfície de contato* (53%), que não apareceu no MCR pré-ensino. Estes são justamente os fatores largamente apresentados nos livros didáticos para o Ensino Médio e foram satisfatoriamente relacionados nas respostas dos alunos. O conceito quantidade ainda foi utilizado agora em menor número, indicando ainda um uso indiscriminado desse conceito com relação à concentração para 10 alunos. Seis alunos citaram *quantidade de reagentes* outros 4 escreveram de forma incorreta que a diminuição da *quantidade*, justamente o que não especificaram do que, aumenta a *velocidade*.

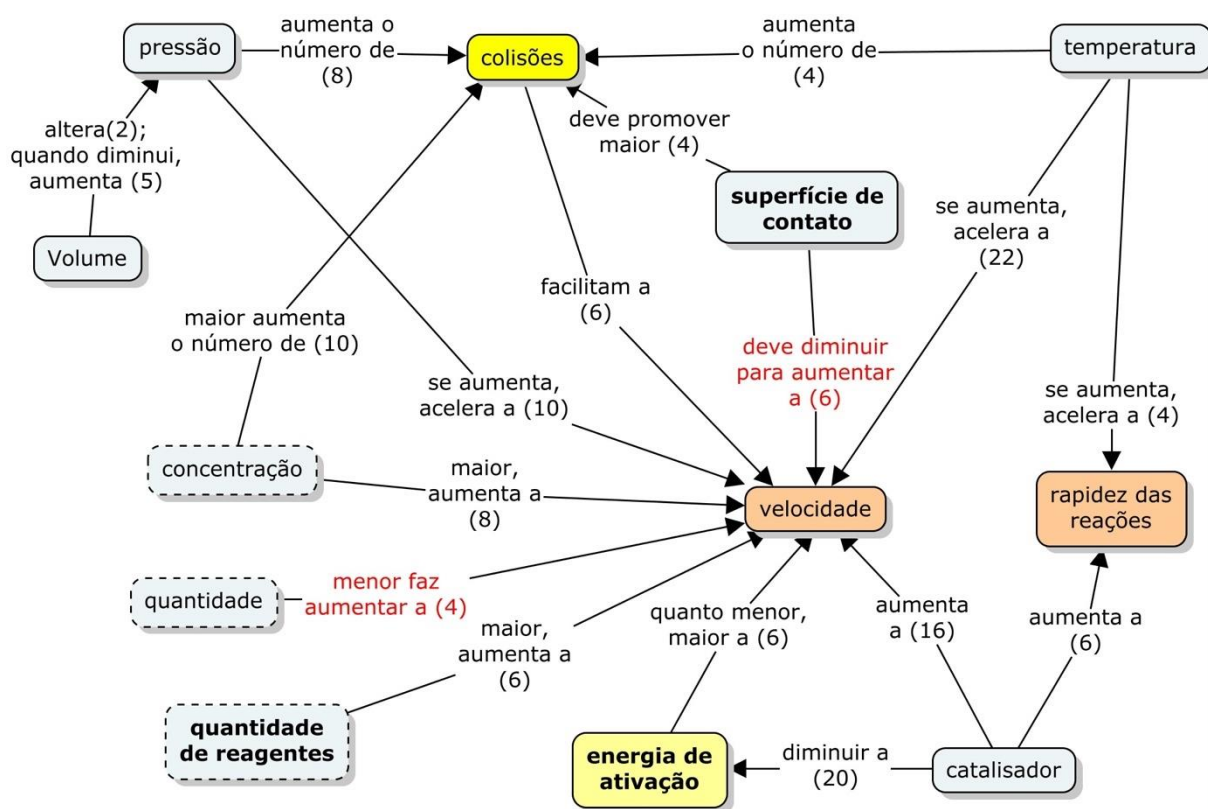


Figura 9– Mapa conceitual representativo do grupo de 30 textos escritos pós-ensino.

Nota: Em laranja os conceitos relativos ao tema estudado. Em amarelo conceitos centrais para o tema. Em negrito conceitos que foram agrupados em conceitos formado por substantivos compostos. Os conceitos em linhas tracejadas se relacionam à concentração. Frases de ligação em vermelho indicam proposições incorretas do ponto de vista químico.

O conceito *energia de ativação* é utilizado para explicar a influência do catalisador na velocidade de reação (59% dos casos). Já o conceito *colisões* é utilizado para explicar efeitos de pressão (24%), temperatura (12%), superfície de contato (12%) e concentração (29%). Embora estas três últimas relações foram estabelecidas numa quantidade de textos bem abaixo da metade da amostra, ou seja, o número de alunos que estabelece alguma explicação para as alterações na velocidade promovidas pelos fatores citados ainda é muito pequeno. De qualquer forma, isto já indica um

importante efeito no ensino no aprendizado de alguns alunos. Nas aulas observadas e nos livros didáticos o modelo de complexo ativado, relacionado à ideia de diminuição da energia de ativação necessária para ocorre a reação química, é utilizado para explicar justamente o efeito do catalisador. Assim como o conceito de colisões efetivas presente na Teoria das Colisões é o modelo mais utilizado para explicar o efeito dos demais fatores.

O MCR pós-ensino mostra que 10 alunos utilizaram o conceito *superfície de contato* composto pelos conceitos indutores *contato* e *superfície*. Destes, 6 apresentam uma proposição errada que afirma que a diminuição da *superfície de contato* para reagentes sólidos aumenta a *velocidade de reação*. Quatro alunos afirmam corretamente que o aumento da *superfície de contato* deve aumentar as *colisões*.

Em 7 textos foram estabelecidas relações entre *pressão* e *volume*. Dois apenas afirma que o volume altera a pressão enquanto em 5 estabelecem corretamente relação inversa entre estas propriedades. Outra relação notada é que o aumento da pressão leva ao aumento das colisões, estabelecida por 8 alunos. Interessante observar que estas relações entre aumento de *pressão*, diminuição de *volume*, aumento de *colisões* e, conseqüentemente, aumento da *velocidade da reação* vale para sistemas reacionais gasosos. No entanto, mesmo nos textos pré-ensino como nos textos pós ensino, embora em menor número nestes últimos, o conceito *gases* não foi utilizado. Ou seja, os alunos têm dificuldades para diferenciar condições específicas dos sistemas reacionais e tendem a generalizar relações para qualquer situação.

Por fim, quanto a estrutura podemos considerar o MCR pós-ensino também como um mapa concêntrico, mas, neste caso, o conceito central é *velocidade*, uma vez que foi o mais utilizado. Os conceitos que representam os fatores que afetam a velocidade de reação estão em torno deste central apontando suas relações para o conceito central. Não há nesta estrutura ligações cruzada, mas há conceitos que unem os parâmetros ao conceito central de velocidade. Estes são justamente os conceitos de *colisões* e *energia de ativação* que servem para explicar como os conceitos periféricos (parâmetros) interferem no conceito central.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia aqui apresentada tem tanto implicações para a pesquisa sobre o aprendizado de conceitos como para o ensino de conteúdos conceituais, uma vez que se mostrou adequada para apontar diferenças significativas entre o conjunto de respostas escritas pelos estudantes antes e após o ensino do tema.

Os dois exemplos da simples representação das respostas, antes e depois do ensino, na forma de mapas conceituais mostrou-se interessante e capaz de mostrar diferenças significativas que refletem as diferenças entre os próprios textos. Tais diferenças como: a obtenção de um mapa conexo ou desconexo, a qualidade das frases de ligação, o número de conceitos e proposições e a

presença de um conceito que unifica as partes do texto, são capazes de ressaltar a diferença entre textos escritos por indivíduos distintos ou, pelo mesmo indivíduo em momentos distintos. No entanto, ao considerar um conjunto de textos a análise de e comparação entre um grande número de mapas torna o processo custoso.

A análise bidimensional entre o total de relações por texto (R/N) e frequência de relações (F) já permitiu dar indicações de mudanças interessantes devido ao processo de ensino. A comparação entre o conjunto de conceitos classificados como dominantes, raros, ocasionais e constantes para os dois conjuntos de texto já permitiu verificar que os conceitos de caráter explicativo do processo (alteração da velocidade de reações químicas) *colisão*, *energia* e *superfície* passaram de raros para dominantes. Assim como *catalizador* que é um conceito importante para o tema. Uma indicação que ao menos parte dos textos escritos pós-ensino apresentam um caráter explicativo. Os conceitos relacionados aos parâmetros que afetam a velocidade e, facilmente reconhecidos como tal, uma vez que são propriedades que descrevem um sistema reacional, deixaram de ser dominantes.

Mais útil ainda foi apresentar num gráfico as diferenças entre R/N e F após e antes do ensino. Tal análise permite verificar quais conceitos tiveram significativas alterações nestes dois parâmetros e quais não tiveram, permitindo inclusive agrupar estes conceitos. Permitiu também verificar uma uniformização provocada pelo ensino através do uso do conceito velocidade em detrimento do conceito rapidez.

No entanto, o mais significativo foi comparar os MCRs obtidos antes e depois das aulas. As proposições se mostraram mais específicas indicando que os textos pós-ensino após apresentavam, por exemplo a indicação de que o aumento de um parâmetro provoca aumento de velocidade da reação, em contraste com o MCR pré-ensino em que, na maioria das vezes apenas indicava que tal parâmetro interfere ou altera, sem mencionar como, a velocidade. O MCR pós ensino também indicou que alguns alunos, embora não a maioria, foram capazes de estabelecer explicações para as alterações na velocidade de reação através de relações estabelecidas com os conceitos contato e energia de ativação. Erros conceituais que necessitam ser corrigidos também foram indicados no MCR pós-ensino.

A metodologia de análise de textos aqui apresentada tem implicações importantes tanto para seu uso na pesquisa sobre o aprendizado como no ensino de conceitos.

Na pesquisa, a metodologia se mostra promissora uma vez que consegue captar diferenças ao longo do processo de ensino ou em grupos de estudantes distintos. Isto permite aplica-la em estudos que pretendam, por exemplo, avaliar a eficiência de estratégias de ensino, uma vez que permite, por exemplo, comparar um grupo de estudo e um grupo controle. Também pode ser aplicada em estudos que busquem mostrar as principais dificuldades de aprendizado. Uma questão importante é não apenas verificar as relações estabelecidas pelos alunos, mas também relações

que seriam fundamentais que não foram feitas, mostrando assim, as lacunas de aprendizado. Para as pesquisas de cunho qualitativo, tanto a análise bidimensional como o MCR, ao sintetizarem e mostrarem aquilo que é mais saliente num conjunto de textos fazem emergir categorias importantes para, por exemplo, uma análise de conteúdo mais profunda nos próprios textos, bem como a indicação do que especificamente deve ser perguntado em questionários.

No ensino a metodologia também pode ser muito bem aproveitada. No caso em questão percebeu-se, por exemplo no MCR pré-ensino, confusões entre quantidade e concentração que foram mantidas por alguns alunos após as aulas. As proposições equivocadas, o baixo número de relações que seriam importantes, como aquelas de natureza explicativa, a falta de relações desejadas. Tudo isto se constitui em informação fundamental para o professor de maneira a que este possa trazer estes problemas para a turma. Possa discutir os erros apresentados e apresentar o que o que falta. Os próprios MCRs podem ser um significativo instrumento de discussão em aula.

O que limita o uso desta estratégia no ensino é o tempo necessário principalmente nas etapas de conversão dos textos em mapas conceituais ou numa lista de proposições e na conversão destes mapas em matrizes. Se forem feitos manualmente como o trabalho aqui apresentado, dificilmente o professor, diante de sua carga e rotina de trabalho, terá tempo para fazer estas análises. No entanto, já existem programas computacionais gratuitos que podem ajudar nestas tarefas.⁷ Por outro lado a expectativa de que programas computacionais que permitam a extração direta de mapas conceituais a partir de textos (Aguiar & Cury, 2016), possam, quando largamente disponibilizados, auxiliar e agilizar esta tarefa, tornado a proposta de análise aqui apresentada mais factível num prazo bem mais curto. Podemos ainda acrescentar, a perspectiva que tais programas possam até incluir a sequência de análise aqui apresentada.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, J. G. & Correia, P. R. M. (2013) Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13, pp. 141-157.
- Aguiar, C. Z. & Cury, D. (2016). Automatic Construction of Concept Maps from Texts. *Proceedings of Seventh Conference on Concept Mapping*, Tallinn, Estônia.
- Aguiar, C. Z., Cury, D. & Zouaq, A. (2018) Towards technological approaches for concept maps mining from text. *Clei Electronic Journal*, 21(1), 7.
- Brier, A., & Hopp, B. (2010). Hamlet II, Software for computer-assisted text analysis. Tutorial on the operation of the program. Recuperado de: <http://apb.newmdsx.com/hamlet2.html>
- Cañas, A. J. Hill, G., Carff, R., Suri, Lott, J., Gómez, G., Eskridge, T., Arroyo, M. & Carvajal, R. (2004) CmapTools: A knowledge modeling and sharing environment, *Concept Maps: Theory*,

⁷ A apresentação destes recursos não é objetivo deste trabalho, mas podemos aqui citar o software Iramuteq® já citado.

- Methodology, Technology, Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*, Pamplona, Spain, pp. 14-17.
- Cañas, A. J., Novak, J. D. & Reiska, P. (2015). How Good is My Cmap? Am I a Good Cmapper? , *Knowledge Management & E-Learning: Na International Journal*, 7(1), pp. 6-19.
- Cavalcanti, R. R. G. & Maximiano, F. A. (2010). Aprimorando la técnica de análisis estructural de mapas conceptual esconel objetivo de obtener un mapa representativo de un grupo de estudiantes. *Concept Maps: Making Learning Meaningful. Proceedings. Of Fourth International Conference on Concept Mapping*, 2, Viña del Mar, Chile, 11.
- Clariana, R. (2004) A computer-based approach for translating text into concept map-likere presentations, *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology, Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*, Pamplona, Spain.
- García-Salgado, D. E., Aguilar-Tamayo, M. F., Espinosa-Montero, J. & Manzano-Caudillo, J. (2014) Modelos de Conocimiento: Uma Metodologia de Investigação em el Posgrado. *Concept Mapping to Learnand Innovate, Proceedings of Sixth International Conference on Concept Mapping*, Santos, SP, Brasil.
- García-Salgado, D. E. & Aguilar-Tamayo, M. F. (2016). Mapas Conceptuales en los procesos de investigación educativa. *Proceedings of Seventh Conference on Concept Mapping*, Tallinn, Estônia.
- GEPEQ (2004). Interações e Transformações: Elaborando os conceitos sobre transformações químicas, EDUSP, São Paulo, Brasil.
- González-Yoval, P., Hermosillo-Marina, S., Eduardo Chinchilla-Sandoval, E., Laura García-del Valle & L. Verduzco-Martínez, C. (2004) Valoración cuantitativa para evaluar mapas conceptuales. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology, Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*, Pamplona, Spain.
- Junqueira, M. M. & Maximiano, F. A. (2020) Obtenção da estrutura conceitual do tema interações intermoleculares através da transformação de textos em mapas conceituais. *Caminhos da Educação Matemática em Revista (On-Line)*, 101, pp. 87-106.
- Juliana Kowata, J., Cury, D. & Boeres, M. C. (2010) Uma abordagem computacional para construção de mapas conceituais a partir de textos em língua portuguesa do Brasil. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Recuperado de <http://br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1477>
- Junqueira, M. M., Silva, P. A. & Maximiano, F. A. (2014) A methodology to chage studente-written texts into representaive concept maps. *Concept Mapping to Learnand Innovate, Proceedings of Sixth International Conference on Concept Mapping*, Santos, SP, Brasil, 7.
- McLemore, S., Wehry, S. & Carlson, D. L. (2016) The teachers' voice: forming a theoretical framework combining a prekindergartenstem curriculum and a learning curriculum. *Proceedings of Seventh Conference on Concept Mapping*, Tallinn, Estônia.
- Novak, J. D. & Musonda, D. (1991). A Twelve-Year Longitudinal Study of Science Concept Learning. *American Educational Research Journal*, 28(1), pp. 117-153.
- Olney, A. M. , Cade, W. L. & Williams, C. (2011) Generating concept map exercises from textbooks. In *Proceedings of the 6th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications*; Association for Computational Linguistics, pp. 111–119.

- Peixoto, H. R. C, (2003) Natureza da Ciência e formação de professores de Química: uma experiência de sala de aula. (Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- Péres, C. C. C & Vieira R. (2005) Mapas conceituais: geração e avaliação. In: *Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*, Unisinos, São Leopoldo, Brasil, 35, pp. 2158-2167.
- Pozo, J. I. & Crespo, M. A. G. (2009) *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*, 5ª Ed., Porto Alegre: Artmed.