

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE

CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



O USO DE ANALOGIAS E MODELOS NO ENSINO DO EQUILÍBRIO QUÍMICO

RICARDO LUIZ DE OLIVEIRA

Canoas, 2006.

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO ENSINO DE
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



O USO DE ANALOGIAS E MODELOS NO ENSINO DO EQUILÍBRIO QUÍMICO

RICARDO LUIZ DE OLVEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil para obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Dr. PAULO AUGUSTO NETZ

Canoas, 2006.

Ao meu avô Arlindo (in memoriam): exemplo de força e dedicação que marcaram o meu jeito de ser.

A minha mãe Jurema pelo exemplo de vida, amor e suporte financeiro que possibilitou a permanência e realização deste trabalho.

A Rosecler, minha esposa, pelo amor, carinho, paciência, apoio e compreensão durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus filhos, Renan e Ramon.

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Ao Professor Dr. Paulo Augusto Netz, pela orientação, profissionalismo, estímulo, paciência e muita compreensão, durante a elaboração deste trabalho.

Ao Professor Dr. José Vicente Robaina pelas suas contribuições na elaboração deste trabalho, mas em especialmente porque me estimulou muito desde o início de minha caminhada no mestrado.

Ao professor Dr. Edson Roberto Oaigen pela amizade e sugestões dadas a este trabalho.

Ao Professor Hélio Radke Bitencourt e a Professora Simone Echeveste, do Laboratório de Estatística da ULBRA, que nos auxiliou na análise dos dados quantitativos.

A todos os professores e colegas do mestrado que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação e realização deste trabalho. Em especial aos colegas Silvio e Cristiano.

À direção da Escola Estadual Técnica São João Batista, a direção do Colégio Sinodal Progresso e a professora Tatiane dos Santos Oliveira que proporcionaram disponibilidade para a aplicação deste trabalho e a todos os estudantes que participaram das atividades propostas.

RESUMO

As analogias e os modelos são destacados por vários autores como ferramentas valiosas no processo de ensino e aprendizagem e podem ser alternativas para a melhoria da qualidade do ensino na sala de aula e para a melhor compreensão de conceitos.

Neste trabalho procuramos investigar o papel do uso das analogias e modelos para compreensão e formação adequada dos conceitos científicos no contexto do ensino de Equilíbrio Químico no Ensino Médio. Buscando evitar o reforço de concepções alternativas, este uso deve ser sistemático e consciente. Assim, usamos uma metodologia consagrada na literatura, o método TWA (teaching with analogies). Este estudo foi aplicado em quatro turmas pertencentes a duas escolas: uma escola técnica profissionalizante e uma escola de ensino médio regular. Em cada escola, foi escolhida uma turma onde foi aplicada uma apostila seguindo a metodologia TWA e uma turma controle, com uma apostila elaborada sem o uso de analogias. Foram aplicados questionários pra avaliação dos perfis das turmas, bem como pré-testes e pós-testes a todas as turmas, com o intuito de determinar a evolução conceitual e investigar o papel do uso de analogias nesta evolução.

Os principais resultados apontam para uma eficácia desta metodologia no que toca aos aspectos relacionados à representação gráfica e ao comportamento da concentração em função do tempo, em ambas as

turmas. A metodologia se mostrou mais eficaz na turma do ensino profissionalizante, onde também os aspectos interpretação conceitual, representação microscópica e construção de analogias e modelos foram favorecidos. Além disso, constataram-se diversas dificuldades dos alunos na produção e exploração de analogias e modelos, que parecem estar estreitamente relacionadas com a falta de conhecimentos do tópico em estudo (domínio alvo) e com o desconhecimento do funcionamento de alguns dos análogos e modelos escolhidos.

Os resultados mostraram que, embora a evolução, em ambas as escolas, seja maior nas turmas que usaram a metodologia de ensino com o uso de analogias, a diferença é significativamente maior na escola de ensino profissionalizante.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1 NATUREZA DO OBJETO DA PESQUISA.....	11
1.1 Contextualização.....	11
1.2 Justificativa.....	13
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivo Geral.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
2. MARCO REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
1.1 Conceitos Fundamentais.....	16
1.1.1 Analogias e a Aprendizagem.....	16
1.1.2 Vantagens e desvantagens com o uso de analogias.....	19
1.1.3 Modelos e a aprendizagem.....	21
1.2 Analogias e Modelos no processo ensino e aprendizagem significativa.....	21
1.3 Obstáculos Epistemológicos.....	24
2.4 Equilíbrio Químico Dinâmico.....	25
2.4.1 O papel as Analogias e Modelos no Ensino do Equilíbrio Químico.	26
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	28
3.1 Elaboração da Apostila sem o uso de Analogias e Modelos.....	28
3.2 Elaboração da Apostila com o uso de Analogias e Modelos.....	29
3.3 Instrumentos de coleta de dados.....	29
3.3.1 Elaboração do Pré-teste.....	31
3.3.2 Elaboração do Pós-teste.....	35
3.4 Caracterização da Amostra.....	36
3.4.1 Caracterização do Perfil das Turmas de Estudantes do SJB.	36
3.4.2 Caracterização do Perfil das Turmas de Estudantes do CSP.	38
3.5 Metodologia.....	39
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	43
4.1 Comparação dos Resultados entre Pré e Pós-Testes.....	43
4.1.1 Comparação dos Resultados entre Pré e Pós-Testes – Escola	

	São João Batista.....	43
4.1.2	Comparação dos Resultados entre Pré e Pós-testes – Colégio Sinodal Progresso.....	51
4.1.3	Comparação dos Resultados.....	59
4.2	Comparações Globais entre pré-testes e entre pós-testes.....	59
4.2.1	Comparações Globais entre pré-testes e pós-testes – SJB....	60
4.2.2	Comparações Globais entre pré-testes e pós-testes – CSP...	61
4.2.3	Comparação das Evoluções Globais entre pré-testes e entre pós-testes das duas escolas.....	62
4.2.4	Médias e Evoluções – SJB.....	62
4.2.5	Médias e Evoluções – CSP.....	63
4.3	Análise Qualitativa por Categorias de Questões.....	64
4.3.1	Comportamento da Concentração na Reação de Equilíbrio Químico desde o Instante Inicial (C x t).....	65
4.3.2	Comportamento da Velocidade na Reação de Equilíbrio Químico desde o Instante Inicial (V x t).....	66
4.3.3	Interpretação Conceitual sobre Equilíbrio Químico.....	68
4.3.4	Influência da Variação da Temperatura no Equilíbrio Químico (Princípio de Le Chatelier).....	69
4.3.5	Influência da Variação da Concentração no Equilíbrio Químico (Princípio de Le Chatelier).....	70
4.3.6	Representação Gráfica da Variação da Concentração e Velocidade da Reação Química.....	71
4.3.7	Representação Macroscópica de um Sistema em Equilíbrio Químico.....	74
4.3.8	Representação Microscópica de um Sistema em Equilíbrio Químico.....	75
4.3.9	Representação Simbólica.....	77
4.3.10	Construção de Analogia ou Modelo para Explicar uma situação de Equilíbrio Químico.....	78
	CONCLUSÃO.....	80
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
	ANEXOS	88
	ANEXO A – Lista de Figuras da Apostila Sem Analogias e Modelos.	
	ANEXO B – Lista de Figuras da Apostila Com Analogias e Modelos.	
	ANEXO C – Apostila sem Analogias e Modelos	
	ANEXO D – Apostila com Analogias e Modelos	
	ANEXO E – Questionário de Avaliação – Alunos Pré-teste	
	ANEXO F – Pré-teste SJB	
	ANEXO G – Pré-teste CSP	
	ANEXO H – Pós-teste SJB	
	ANEXO I – Pós-teste CSP	

INTRODUÇÃO

O nosso trabalho teve como um dos pontos de partida investigar a dificuldade que os estudantes têm na compreensão de conhecimentos do ensino de Química no ensino médio. Nós, como professores, consideramos que um dos maiores prazeres é ver os nossos estudantes compreenderem a importância do conhecimento e a correlação multidisciplinar dos mesmos. Só o conhecimento é que possibilita ao homem a descoberta de novas teorias, novos métodos e novos padrões que podem levar a humanidade a progredir, no sentido de melhores condições de vida e também no que se refere à compreensão dos fenômenos que caracterizam o ser humano.

Na verdade, o indivíduo pensa e constrói concepções pessoais e alternativas acerca dos fenômenos que vivencia, concepções essas que lhe permitem responder às exigências e questões das suas vivências num dado momento de sua vida. É importante utilizarmos estratégias para desenvolver a atividade cognitiva dos estudantes, de forma desafiadora e ao mesmo tempo convidativa ao estabelecimento de relações com aquilo que o estudante já sabe e o que tem a aprender.

As concepções dos estudantes em relação a conceitos de química têm se mostrado importante material de referência para a reflexão de professores de química e ciência, não só porque oferecem pistas sobre o pensamento de nossos estudantes, mas também porque possibilitam a oportunidade de rever o que nós, professores, pensamos e fazemos em nossas salas de aula (MACHADO & ARAGÃO, 1996).

Partindo do pressuposto do raciocínio analógico ser próprio da cognição humana auxiliando na compreensão de conceitos científicos (FABIÃO & DUARTE, 2005) a nossa pesquisa realizou um estudo do uso de analogias e modelos em conceitos de Equilíbrio Químico como tema para problematizar o ensino e aprendizagem.

O Equilíbrio Químico foi o tema escolhido para desenvolver a pesquisa sobre o uso de analogias no processo ensino e aprendizagem de conceitos por:

- estar incluído na maioria dos planos de estudo da disciplina de química do ensino médio e cursos de técnico em química;
- envolver um conjunto complexo de relações entre quantidades de espécies químicas, relações estas que envolvem variáveis como temperatura, pressão e adição ou remoção de substâncias ao sistema;
- se encontrar nos livros didáticos modelos e analogias sobre equilíbrios químicos fundamentados de forma abstrata e dinâmica;
- poder se relacionar o equilíbrio químico com o cotidiano;
- e ser principalmente considerado pelos próprios professores um tema problemático e difícil de ser trabalhado com os alunos.

O conceito de equilíbrio químico tem sido apontado por muitos autores e professores como problemático para o ensino e a aprendizagem

(MACHADO & ARAGÃO, 1996). É importante, portanto, para este conceito, um esforço de interiorização e visualização, e a necessidade de usar a imaginação e os meios ao alcance dos agentes do ensino da química para promover a aprendizagem efetiva dos conceitos.

1 NATUREZA DO OBJETO DA PESQUISA

Todos professores têm conhecimento das dificuldades encontradas pelos estudantes em química na consolidação dos seus conhecimentos, por ser considerada uma disciplina difícil de compreender, misteriosa e cujo consenso disseminado é a de que não é acessível a todos. Some-se a isto os diferentes interesses e afinidades que levam, muitas vezes, alguns estudantes a considerações de que a química não será útil para o seu futuro.

Além disso, destacamos a linguagem química, onde o estudante normalmente se defronta com diversos nomes de substâncias químicas e conceitos relativos a reações químicas e ao equilíbrio químico, ao estudo da estrutura da matéria, sua composição e propriedades, dentre outros. Outro aspecto é que, uma vez que os pontos de partida na química são o átomo e a molécula, o estudante deverá visualizar o que não é visível. O fato é que mesmo conceitos relativamente simples da química, usados para descrever e modelar os conteúdos, não são revelados de maneira clara e evidente pela leitura do livro didático.

Um dos grandes desafios no estudo dos conceitos da química, que são construções desenvolvidas historicamente sobre os fenômenos para interpretá-los e explicá-los, é tornar estes conceitos mais acessíveis permitindo ao estudante compreender sua importância e interpretar o seu significado para o conhecimento químico.

1.4 Contextualização

Nós entendemos que é importante promover a evolução conceitual do estudante levando em conta suas concepções prévias acerca de conceitos fundamentais, pois sua mente possui informações, idéias, imagens e

opiniões adquiridas ou construídas ao longo de sua vida escolar e social. A partir desta relação o professor deve estimular o estudante para aquisição de novas idéias e informações.

O processo de ensino não é uma apresentação seqüencial e linear de conceitos, mas exige com freqüência que os conceitos sejam trabalhados de diferentes formas e estratégias, para que sejam ampliados e consolidados pelos estudantes através da interação do conhecimento prévio com o novo conceito a ser aprendido.

Moreira (1999) enfatiza que a tarefa fundamental do professor é auxiliar o estudante a assimilar a estrutura da matéria de ensino e de organizar a sua própria estrutura cognitiva, utilizando recursos e princípios que facilitem aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa.

O uso de analogias e modelos pode ser uma forma de “ponte” entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos ou conceitos.

Algumas questões, norteadoras, surgem e merecem um estudo detalhado, a saber:

- **o uso de analogias e modelos como recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem contribui de forma eficiente na compreensão e assimilação de conhecimentos da química?**
- **é possível o uso de analogias e modelos como facilitadoras da aprendizagem significativa, observando o uso adequado para evitar que os alunos desenvolvam e/ou reforcem concepções alternativas em termos de conceitos científicos?**

Diante destas questões norteadoras deste estudo, o problema foi assim definido:

O uso de analogias e modelos no ensino de equilíbrio químico contribui para aprendizagem dos conceitos de Equilíbrio Químico na disciplina de Físico-química do Ensino Médio gerando a formação adequada dos conceitos científicos?

1.5 Justificativa

A diversidade de recursos e estratégias, integrando conteúdos variados no contexto de uma situação real é fundamental para que possamos trabalhar a Química de outra forma, sem ficarmos presos apenas às aulas expositivas. Não queremos, contudo, descartar esta velha estratégia tão salutar quando devidamente empregada, porém, há a necessidade de se buscar e utilizar alternativas para a melhoria da qualidade do ensino na sala de aula.

O estudante não constrói conhecimento sozinho, a aprendizagem ocorre através de seu ativo envolvimento, um ambiente social bem determinado, por exemplo, um laboratório de ciências, e da atuação do professor como facilitador e mediador desta construção para que ocorra transferência, recepção e assimilação dos conhecimentos.

A química pode ser ensinada através de alternativas mais palpáveis, enfocando situações reais de modo que o estudante tenha uma formação de conceitos e princípios lógicos e práticos que tenham como finalidade a resolução dos problemas do cotidiano.

Nas atividades de ensino devemos ter consciência que, embora sabendo todas as fórmulas e sabendo como aplicá-las em exercícios rotineiros, é importante a apresentação do material concreto para, em seguida, passarmos à idéia do abstrato, porque muitos estudantes encontram dificuldades em analisar a situação a partir do abstrato.

Neste contexto, as analogias e modelos podem partir de exemplos concretos, seja diretamente relacionado ao tema, seja indiretamente, para facilitar a compreensão dos conceitos mais abstratos.

As técnicas de aprendizagem visual – gráficos, figuras, desenhos, modelos e esquemas – ensinam os estudantes a clarificar o seu pensamento e a processar, a organizar e a hierarquizar novas informações. Os diagramas visuais revelam padrões, relações e interdependências e estimulam o pensamento criativo.

Analogias e modelos são as formas de linguagem que, na perspectiva educacional (mais especificamente na perspectiva da educação em ciências) são mais freqüentemente usadas como ferramentas no processo de construção do conhecimento científico, estabelecendo relações entre sistemas distintos. Ferraz (2003) acrescenta que os conceitos científicos considerados pelos alunos um tanto *indigestos são mais facilmente compreendidos com o uso destes recursos que tornam os conceitos mais palatáveis*.

Optamos pela realização de um projeto em que fosse possível experimentar o uso de analogias e modelos mais voltados à aprendizagem visual por serem considerados os melhores métodos para ensinar e o uso de “analogias visuais” que de acordo com Duit (1991) pode ajudar e facilitar uma visualização do domínio do objeto abstrato.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo Geral

Como objetivo geral deste trabalho, desejamos investigar a contribuição das analogias e modelos para compreensão e formação adequada dos conceitos científicos no contexto do ensino de Equilíbrio Químico na disciplina de Físico-química no Ensino Médio.

1.6.2 Objetivos Específicos

- a. Escolher e caracterizar turmas do ensino médio para aplicação de uma metodologia de ensino englobando o uso de analogias e modelos sobre o tema Equilíbrio Químico, comparando com turmas (controle) onde o conteúdo será exposto de maneira tradicional.
- b. Selecionar as analogias e modelos mais significativos conforme modelo TWA de acordo com Harrison e Treagust (1993) a serem utilizadas na pesquisa.
- c. Elaborar e aplicar pré e pós-teste nas turmas para determinar o seu desempenho e a sua evolução conceitual.
- d. Investigar a contribuição das analogias e modelos no processo de ensino e aprendizagem através de análise qualitativa e quantitativa visando determinar a evolução conceitual dos estudantes.

2. MARCO REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho parte do pressuposto de que o raciocínio analógico “é um componente central da cognição humana” (DAGHER, 1995), auxiliando na compreensão de conceitos científicos. Ele propõe-se, portanto, a estudar o uso sistemático de analogias e modelos como recurso didático no ensino da Química.

Diariamente observamos o uso de analogias e modelos em quase todas as atividades humanas: nos diálogos informais, quando as pessoas tentam explicar algo a outra pessoa, no ensino, nos livros didáticos, entre outros. As analogias e modelos são principalmente empregadas com frequência como ferramentas didáticas para o ensino de Ciências.

Mesmo com os diferentes modelos pedagógicos utilizados pelos professores para ensinar, ainda ocorrem situações em que os estudantes têm dificuldade em aprender determinados conceitos levando os professores a fazerem uso da seguinte expressão: *Para vocês compreenderem melhor, vamos fazer uma analogia...* Desta forma destacam uma situação que tenha algo em comum com o conceito desconhecido que está sendo estudado que se pretende ensinar e é desconhecido e outro, já conhecido, que servirá de referência (MÓL, 1999).

2.1 Conceitos Fundamentais

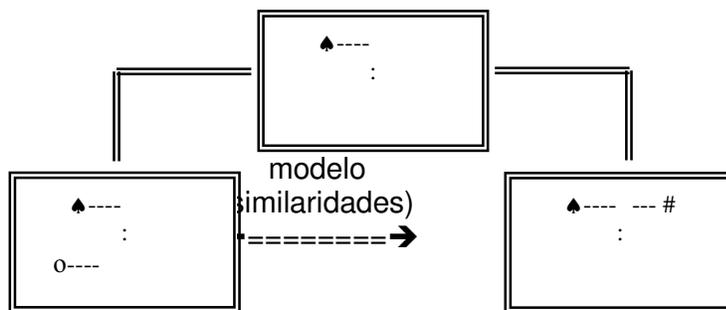
2.1.1 Analogias e a Aprendizagem

De acordo com estudo feitos por Mól (1999) são utilizadas diversas denominações para os conceitos comparados em uma analogia e para evitar confusões também iremos padronizar seu uso.

O conceito que se pretende ensinar (aspecto desconhecido) aos estudantes, será denominado **conceito alvo**, ou simplesmente, alvo (objetivo). O conceito ou situação da qual espera-se que o estudante já tenha conhecimento e que sirva de âncora¹ na aprendizagem (aspecto familiar) será denominado **conceito domínio**, ou simplesmente domínio (análogo).

Duit (1991) considera uma analogia como a comparação entre dois domínios de conhecimentos distintos e a representa através do diagrama mostrado na figura 1.

Como podemos observar na figura 1 os dois conceitos são análogos, pois possuem uma similaridade em suas estruturas, sendo esta estrutura comum aos conceitos denominada de *modelo* (o conceito de modelo será aprofundado na seção 2.1.3).



ANALOGIA

domínio
(análogo)

alvo
(objetivo)

Figura 1 – O significado de analogia segundo Duit 1991.

A palavra modelo no presente contexto é utilizada para designar as partes comuns dos conceitos comparados. Para Duit, os modelos são partes de estruturas conceituais e é possível fazer analogias de modelos.

No momento em que o professor mediar a interação do conhecimento prévio do estudante com o novo conceito a ser aprendido deve observar e considerar alguns aspectos, conforme destaca Duit (1991), para aumentar a sua efetividade no ensino da química:

¹ O termo âncora é utilizado por Ausubel para designar conceitos que o aprendiz já conhece e servirão de base para o novo conceito ensinado.

- por mais óbvio que possa parecer a equivalência entre análogo e o alvo, o professor deve pontuar as diferenças para que o estudante não confunda as limitações de cada um;
- deve-se ter certeza de que os estudantes compreenderam totalmente a analogia ou que esta seja realmente familiar para o aluno. Caso contrário, as percepções errôneas em relação ao análogo serão transferidas para o alvo;
- não se deve utilizar conceitos científicos como análogo fonte quando o conceito tiver sido aprendido de forma errônea, pois os próximos também serão e corre-se o risco de o estudante gerar concepções equivocadas. Duit (1991) salienta ainda que algumas áreas de conteúdo científico que são muito similares e que poderiam ser utilizadas como análogas, podem ser vistas como totalmente distintas pelos estudantes;
- em caso de conceitos amplos, deve-se utilizar analogias múltiplas a fim de solucionar dificuldades que possam surgir quando se usa uma única analogia para explicar todo o conceito;

- deve-se levar em conta tanto as similaridades superficiais ou literais quanto as similaridades de ordem mais elevada; e
- deve-se obedecer a uma orientação sistemática para aplicar a analogia em situações de ensino.

Como o papel do professor na utilização de analogias e modelos é fundamental, entendemos que a sua aplicação não é tão óbvia como pensam muitos professores e para evitarmos o surgimento de concepções alternativas nos estudantes aplicaremos o Modelo de Ensino com Analogias - TWA (Teaching With Analogies) conforme apresentado por Harrison e Treagust (1993), que consiste das seguintes operações para auxiliar o professor:

- a. introduzir o conceito-alvo a ser aprendido. Fazer uma breve ou completa explicação dependendo de como a analogia será empregada;
- b. sugerir aos estudantes a situação análoga. Mediante discussões estimar a familiaridade dos estudantes com o análogo;
- c. identificar as características relevantes do análogo. Explicar o análogo e identificar suas características relevantes em uma profundidade apropriada com a familiaridade dos estudantes com o análogo;
- d. mapear as similaridades entre o alvo e análogo. Os estudantes auxiliados pelo professor identificam as características relevantes do conceito-alvo e estabelecem as correspondências com as características relevantes do análogo;
- e. identificar onde a analogia falha. Buscar concepções alternativas que os alunos possam ter desenvolvido. Indicar onde o análogo e o alvo não têm correspondência, apontando aos estudantes para desencorajar conclusões incorretas sobre o alvo;
- f. esboçar conclusões sobre o alvo. Organizar um relato resumido sobre os aspectos importantes do assunto-alvo.

De acordo com Harrison e Treagust (1994), podem ocorrer modificações na aplicação da seqüência dos passos propostos pelo Modelo TWA, pois três fatores podem influenciar:

- o estilo do professor;
- as particularidades do conceito científico;
- e o análogo que está sendo estudado.

2.1.2 Vantagens e desvantagens com o uso de analogias.

Mól (1999) afirma que *as analogias são poderosas ferramentas no processo de ensino e aprendizagem porque utilizam os conhecimentos do aprendiz no ensino de novos conceitos*. Nesta perspectiva, Nagem et al(1997) destaca vantagens do uso de analogias como recurso didático, como instrumento de avaliação, possibilita relacionar conceitos científicos e abstratos, estimula a formação de hipóteses e a solução de problemas e torna as aulas mais variadas e motivadoras. A principal desvantagem seria a má interpretação ou o não discernimento das diferenças entre o análogo e o alvo, gerando conceitos errôneos.

Vantagens:

- como recurso didático, possibilita a comparação entre as similaridades do que é familiar para os alunos – domínio – e o que é estranho – alvo;
- como instrumento de avaliação, atua da seguinte forma: caso o aluno conseguir fazer uma nova analogia, significa que aprendeu e que consegue fazer associações como outros conhecimentos;
- possibilita relacionar conceitos científicos e abstratos, com termos familiares, com a realidade dos alunos;
- estimula a formação de hipóteses e a solução de problemas; e

- torna as aulas mais variadas e motivadoras.

Desvantagens:

- o fato de o aluno receber uma analogia pronta pode gerar dificuldades de aceitação, isto é, quando o aluno não é o autor da analogia;
- se as analogias estiverem fora do contexto sócio-histórico dos alunos, podem gerar grandes dificuldades;
- uma má interpretação ou o não discernimento das diferenças entre o análogo e o fenômeno pode gerar conceitos errôneos.
- caso não haja um bom direcionamento, aspectos irrelevantes podem sobressair em detrimento do principal.
- analogias muito parecidas com os conceitos-alvo podem levar a generalizações e, conseqüentemente, a formas de raciocínio equivocadas.

As desvantagens apresentadas não significam que as analogias não devem ser empregadas, mas elas indicam que devem ser adotadas com os devidos cuidados quando da sua utilização.

Hesse & Anderson (1992) apud Mortimer (2000), detectaram que a analogia é a idéia mais elementar usada por estudantes para explicar reações químicas. Os estudantes não só usam analogias como também as avaliam como próximas das explicações químicas, diferindo unicamente pela ausência de vocabulário técnico.

Duit (1991) relata em seus estudos o uso de situações analógicas a partir de situações intuitivas nos quais observou-se que o uso de analogias no ensino muitas vezes falha em seus objetivos por propor saltos muitos

grandes entre o que os estudantes sabem sobre o conceito domínio e o que se espera que eles aprendam sobre o conceito alvo. Este problema é comum no ensino porque muitas vezes o professor não percebe que o estudante não possui a base necessária para compreender o que lhe está sendo ensinado. As relações que parecem óbvias para o professor não são vistas assim pelo estudante. Desta forma, é de se esperar que nem sempre se garantirá uma aprendizagem significativa com o uso de analogias.

2.1.3 Modelos e a aprendizagem.

O conceito de modelo é normalmente utilizado como sinônimo de analogia, porém em nossa pesquisa estes conceitos são distintos e nenhum deles está subordinado ao outro.

Em nossa pesquisa quando utilizarmos a palavra modelo estaremos nos referindo a comparações feitas através de gravuras, figuras, fotos, desenhos ou gráficos. Dessa forma, definimos modelo como uma comparação explícita feita entre um conceito alvo e uma imagem ou objeto que o represente de forma concreta.

Em ciência devemos considerar modelos não só como representações de objetos, mas também de eventos, processos ou idéias (GILBERT & BOULTER, 1995 apud MILAGRES & JUSTI, 2001), mas neste trabalho não abordaremos estes conceitos.

2.2 Analogias e Modelos no processo ensino e aprendizagem significativa

Entendemos que o uso de analogias e modelos possibilita uma relação entre os conceitos prévios e os conceitos desconhecidos, pelos quais o aluno é levado a diminuir as resistências aos novos conceitos e reestruturar suas informações e, em certos casos, poderá formar um novo esquema ou acrescentar novas informações àquele já formado.

Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: de todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto, y enséñese consecuentemente (AUSUBEL, 1978, p. 6).

O conceito central da teoria de Ausubel é a aprendizagem significativa, que ocorre quando a tarefa de aprendizagem relaciona e ancora, de forma não arbitrária e substantiva (não literal), uma nova informação a outros conceitos, imagens, símbolos ou preposições significativas e relevantes (chamados *conceitos subsunçores* ou simplesmente *subsunçores*²). Estes são preexistentes na estrutura cognitiva do estudante com os quais já esteja familiarizado permitindo a ligação com as novas informações, ocorrendo a aprendizagem significativa. Portanto, só é possível aprender algo a partir da ancoragem realizada entre o novo e algo que já se sabe.

Para que a aprendizagem significativa ocorra é necessário que o conteúdo trabalhado seja potencialmente significativo. Essa condição envolve dois aspectos:

- o conteúdo a ser aprendido deve estar, de alguma forma, relacionado ao que o estudante já sabe (sua estrutura cognitiva);
- a estrutura cognitiva do estudante deve estar em condições de se relacionar com o conteúdo proposto.

Destacamos como tarefa fundamental do professor a de auxiliar o estudante a assimilar a estrutura da matéria de ensino e de organizar a sua própria estrutura cognitiva, utilizando recursos e princípios que facilitem aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa (MOREIRA, 1999).

² De acordo com Moreira (2003), a palavra “subsunçor” não possui palavra que a represente em português. Seria mais ou menos equivalente a inseridor, facilitador ou subordinador.

Concordamos com Mól (1999) que *o uso de analogias também deve levar em conta, ao se propor a facilitar a aprendizagem significativa, a existência de subsunçores na estrutura cognitiva dos estudantes.*

Quando o novo conteúdo não encontrar âncoras adequadas na estrutura cognitiva do estudante, de acordo com Ausubel podem ser usados os organizadores prévios, que são materiais introdutórios que deverão ser trabalhados com o estudante para preencher a lacuna existente entre o que o aluno sabe e o que pretende-se que ele aprenda de forma significativa. Logo, as analogias e modelos neste caso também podem ser utilizadas como organizadores prévios.

Mortimer (2000) destaca em seus estudos que as analogias desempenham um papel na construção de um modelo novo que ultrapassa a dimensão do observável. Também ressalta que a concordância com o

paradigma piagetiano, de que não há acomodação sem assimilação, de que a informação pura é impossível, de que toda novidade deve carregar algo de redundante, nos obriga a reconhecer que a analogia desempenha papel importante na construção de um conhecimento novo.

Ressaltamos e concordamos com Mortimer (2000) que a grande variedade de abordagens e visões que aparecem na literatura sob o mesmo rótulo, tem pelo menos duas características principais que parecem ser compartilhadas:

- a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento:
- as idéias prévias dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem, já que essa só é possível a partir do que o aluno já conhece.

2.3 Obstáculos Epistemológicos

No momento em que os professores selecionarem e utilizarem as analogias ou modelos devem ter conhecimento das vantagens, das limitações e uma forma adequada para utilizá-las e discuti-las com os estudantes para evitar o desenvolvimento de conceitos cientificamente equivocados gerando um obstáculo na sua aprendizagem.

Se as analogias não são claras para os alunos, estes poderão criar concepções cientificamente

equivocadas devido à transferência de atributos para o conceito alvo que não são válidas (MÓL, 1991).

Para Bachelard (2001), obstáculos epistemológicos são:

...é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos.

As informações que ao longo do tempo foram se incorporando ao conhecimento dos estudantes tem uma influência muito grande na maneira de ver e receber novas informações e é neste momento que os professores devem ter um cuidado muito grande ao introduzir novos conceitos através do uso de analogias e modelos.

Os professores devem procurar trabalhar o mais próximo da realidade de seus alunos para evitar obstáculos epistemológicos, sendo as dificuldades ligadas ao conhecimento científico, que dificultam a formulação e desenvolvimento de seus conceitos.

2.4 Equilíbrio Químico Dinâmico

O conceito de Equilíbrio Químico é um dos temas mais importantes para o Ensino da Química, por ser um conceito central na compreensão de

várias transformações químicas e porque muitos fenômenos de nosso cotidiano explicam-se através de suas leis.

A introdução de conceitos sobre Equilíbrio Químico está diretamente vinculada à compreensão de reações químicas e de reações reversíveis. Quando um sistema atinge o Equilíbrio Químico Dinâmico, ele é tipicamente definido em livros didáticos como sendo uma situação em que *“existe uma ação contínua e simultânea de reações contrárias avançando com velocidades iguais”* (ATKINS, 2000).

A definição acima mencionada envolve a compreensão simbólica do fenômeno, evocando até mesmo a dupla seta que é a representação simbólica de uma reação reversível ($aA+bB \rightleftharpoons cC+dD$). Assim, tanto a reação direta ($aA+bB \rightarrow cC+dD$) quanto a inversa ($aA+bB \leftarrow cC+dD$) processam-se ao mesmo tempo. Dessa forma, Equilíbrio Químico é definido baseado no conceito de reversibilidade de reações químicas. É necessário distinguir, porém, a reversibilidade das reações do conceito de reversibilidade na termodinâmica. Este último diz respeito a processos que ocorrem em condições de equilíbrio, podendo o sistema e o meio externo retornar as condições iniciais. Numa reação química temos, a princípio, a invertibilidade da reação, isto é, ela pode ocorrer em ambas as direções (reagentes para produtos ou produtos para reagentes). No equilíbrio químico, ambas direções atingem a mesma velocidade e temos, somente no ponto de equilíbrio, uma situação de reversibilidade termodinâmica.

O Equilíbrio Químico envolve um conjunto complexo de relações entre quantidades de espécies químicas presentes em equilíbrio e também entre estas relações e outras variáveis como temperatura, pressão e adição ou remoção de substâncias ao sistema. Do ponto de vista conceitual, as situações em que é necessário considerar estas relações são muito exigentes para os alunos.

As alterações dos estados de equilíbrio foram estudadas pelo químico francês Henry Louis Le Chatelier (1850-1936). Ele lançou uma generalização simples, mas de grande alcance, a respeito do comportamento de sistemas em equilíbrio: o chamado Princípio de Le Chatelier (1888). Nós sabemos que não é possível perceber mudanças macroscópicas, mas microscopicamente, a atividade é grande, pois a reação continua acontecendo nos dois sentidos, representando um tópico de muita dificuldade de entendimento pelos estudantes. Entretanto, o equilíbrio pode ser alterado por fatores como temperatura, concentração e, em certos casos, pressão. De acordo com Le Chatelier, quando alteramos qualquer condição de um sistema em equilíbrio, ele tende a buscar um novo estado que minimize as alterações impostas, até atingir uma nova condição de equilíbrio. O princípio de Le Chatelier pode ser assim enunciado: *“quando sistemas em equilíbrio são submetidos a qualquer perturbação exterior, o equilíbrio desloca-se no sentido contrário a fim de minimizar esta perturbação”* (RUSSEL, 1994).

2.4.1 O papel das Analogias e Modelos no Ensino do Equilíbrio Químico.

O uso de analogias e modelos no ensino do Equilíbrio Químico é comum nos livros didáticos de química do ensino médio e é importante que os professores ao utilizarem devem dar atenção especial ao nível de detalhes e discutir criteriosamente cada analogia e modelo com os estudantes.

Temos consciência de que a maioria dos professores e autores de livros didáticos utilizam analogias de modo inconsciente e automático para explicar os conceitos e fenômenos da química.

Poucos são os trabalhos sobre o uso de analogias por professores em sala de aula para o ensino do equilíbrio químico. Duit (1991) destaca dois trabalhos – um sobre estudos sociais e o outro de ciências - aonde os professores são observados com o intuito de focalizar o uso de analogias em seu discurso e neste estudo raramente os professores usaram analogias em seu ensino.

Pereira (1989) (1989a) apresenta dois artigos; no primeiro uma revisão das principais publicações sobre o ensino e aprendizagem de equilíbrio químico que não são apoiadas por pesquisa e no segundo descreve e analisa trabalhos publicados sobre analogias e modelos.

Uma análise das analogias encontradas em livros didáticos brasileiros destinados ao ensino de Química no nível médio foi realizada por Monteiro (2000) enfocando o aspecto da qualidade e a necessidade de a analogia envolver o conteúdo que é familiar aos alunos a fim de que ela seja um modelo de ensino útil para eles.

Milagres e Justi (2001) apresentam em seu artigo uma análise de modelos de ensino sobre equilíbrio químico apresentados por livros didáticos destinados ao ensino médio e conclui que algumas vezes os modelos de ensino são usados de maneira inadequada pelos autores.

Fabião (2005) realizou um estudo sobre a dificuldade de produção e exploração de analogias no estudo do equilíbrio químico com alunos futuros professores de ciências e evidencia várias dificuldades quer ao nível da seleção do análogo quer nas correspondências estabelecidas nas analogias geradas pelos alunos. Importante destacar em seu trabalho as potencialidades de estratégias de ensino onde os alunos são incentivados a produzir analogias e a importância do professor como mediador na reflexão e discussão da analogia.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Neste capítulo descrevemos a metodologia utilizada no trabalho, os instrumentos de coleta de dados e a caracterização das amostras.

Em nossa pesquisa combinamos dados quantitativos e qualitativos. Bauer & Gaskell (2002) consideram que “é incorreto assumir que a pesquisa qualitativa possui o monopólio da interpretação, com o pressuposto paralelo de que a pesquisa quantitativa chega a suas conclusões quase que automaticamente”.

Assim, a função dos dados qualitativos e quantitativos é complementar na presente pesquisa, onde o pluralismo metodológico é importante e necessário, superando-se a dicotomia estéril entre duas tradições de pesquisa social aparentemente competitiva. Bogdan & Biklen (1994) dizem ser possível, e em alguns casos desejável, utilizar-se conjuntamente componentes qualitativos e quantitativos, mesmo que as duas abordagens baseiem-se em pressupostos diferentes.

Nos anexos A e B apresentamos as listas com analogias e modelos selecionadas sobre Equilíbrio Químico que apresentam uma estruturação segundo o modelo TWA e que foram utilizadas na construção dos materiais didáticos (apostilas) a serem utilizados em nossa pesquisa. Foram elaboradas duas apostilas: uma sem e outra com analogias e modelos.

3.1 Elaboração da Apostila sem o uso de Analogias e Modelos

A apostila sem analogias e modelos (Anexo C), que é um material da série Material Modular Positivo (BAUAB, 2004), foi usada para organizar o módulo de ensino aplicado nas turmas controle.

Este material foi utilizado por se adaptar às necessidades didático-pedagógicas de nosso trabalho, pois apresenta o mínimo necessário de figuras (Anexo A) de tal forma que não interfira na análise proposta e o conteúdo possa ser ensinado.

3.2 Elaboração da Apostila com o uso de Analogias e Modelos

Uma apostila com analogias e modelos (Anexo D), para servir de instrumento de experimentação e comparação, foi organizada após seleção das analogias e modelos sobre Equilíbrio Químico (Anexo B) que apresentam uma estruturação segundo o modelo TWA e podem ser utilizadas nas turmas experimentais conforme as necessidades didático-pedagógicas de nosso trabalho.

3.3 Instrumentos de coleta de dados

Foi elaborado um questionário para traçar o perfil das turmas (Anexo E) contendo perguntas abertas e fechadas para entrevista que foi aplicado no primeiro contato com os grupos da pesquisa. Este questionário serviu para levantar a compreensão dos alunos participantes da pesquisa sobre a utilização de analogias e modelos no ensino de química, identificar alguns fatores que podem contribuir com o interesse e a motivação pelo estudo e traçar o perfil de cada turma com o objetivo de verificar a presença de

alguma característica específica que possa favorecer ou prejudicar o desempenho da pesquisa.

Os instrumentos de coleta de dados utilizados a seguir na pesquisa consistem de questionários escritos, baseados em dois instrumentos: pré-teste (Anexo F e G) e pós-teste (Anexo H e I), para medir o conhecimento dos estudantes antes e depois do processo de ensino.

Na elaboração desses instrumentos de pesquisa, houve uma preocupação com os instrumentos para que fossem consistentes e expressivos para não desmotivar os estudantes no desenvolvimento da atividade.

O pré e o pós-teste consistem em questões abertas que foram elaboradas para a verificação de conhecimentos iniciais e finais durante o período de intervenção nas turmas.

No pré-teste, aplicado no início da primeira aula sobre Equilíbrio Químico, buscamos verificar os conhecimentos dos estudantes sobre o assunto, propiciando o afloramento de várias idéias e a apresentação de uma série de lacunas no pensamento dos alunos antes da instrução (MORTIMER, 2000).

O pós-teste que sucede ao período de intervenção com as apostilas tem como

objetivo detectar e avaliar se o estudante apresenta evolução conceitual, mediante a comparação detalhada com o pré-teste.

Os instrumentos de coleta de dados foram aplicados em situação real de sala de aula, com a presença do professor titular de ambas as turmas.

Os conceitos e exercícios desenvolvidos durante o ensino de Equilíbrio Químico são trabalhados em uma turma com o uso de analogias e modelos (turma experimental) e na outra turma sem o uso de analogias e modelos (turma controle), ambas com o mesmo professor.

O pré e o pós-teste têm uma duração mínima de 50 minutos de resolução. O teste é realizado individualmente, a fim de obtermos uma análise mais precisa sobre os conhecimentos de cada estudante. O intervalo de aplicação desses instrumentos foi de 21 dias, tempo suficiente para não ocorrer à memorização das respostas. Durante esse intervalo de tempo são ministradas as aulas sobre o assunto de Equilíbrio Químico, pelo professor titular.

É de fundamental importância à maneira de se formular as perguntas, pois não podemos influenciar ou induzir o aluno a responder

aquilo que esperamos e para evitar tal situação é solicitado justificar a sua resposta em algumas questões.

Tanto para o pré quanto para o pós-teste, as questões são elaboradas levando em consideração três momentos ou intervalos de tempo característicos de uma reação que se aproxima do equilíbrio químico (ORLANDI, 2004). Estes são: o momento t_0 que é o estado inicial, logo em que inicia a reação; o período t_1 que é a fase intermediária, onde a reação já iniciou e está se processando, mas ainda não atingiu o equilíbrio e o momento t_2 , que marca o início da fase final, quando a reação atingiu e permanece em equilíbrio químico.

3.3.1 Elaboração do Pré-teste.

No anexo F encontramos o pré-teste aplicado nas turmas da Escola Estadual Técnica São João Batista (SJB) e no anexo G temos o pré-teste aplicado nas turmas do Colégio Sinodal Progresso (CSP).

Foram elaborados dois pré-testes e dois pós-testes, devido a alterações necessárias nas questões 15 e 17 conforme descrito nos itens f e i desta seção.

Inicialmente o estudante responde a questões referentes aos dados de identificação como o nome (na análise e nos resultados o nome de cada estudante é preservado) e a turma.

Após a identificação do estudante, o pré-teste visa explorar conceitos químicos relativos ao Equilíbrio Químico, sempre visando tópicos que estejam relacionados com o uso de analogia e modelos. Comparando a evolução de um e outro grupo (sem e com analogias) do pré-teste com o pós-teste podemos analisar e verificar se o uso de analogias e modelos contribuem na compreensão e formação adequadas dos conceitos científicos no contexto do ensino do Equilíbrio Químico.

A seguir apresentamos as questões agrupadas em categorias que foram utilizadas na construção do pré-teste:

a. nas questões 2 e 3 os estudantes devem identificar o **comportamento da concentração** na reação de equilíbrio químico desde o instante inicial ($C \times t$). Nestas questões os estudantes devem identificar a tendência de uma reação química em relação ao consumo de reagentes e formação de produtos com o passar do tempo de maneira gradual até chegar ao equilíbrio químico. As respostas desta questão são comparadas com as respostas da questão 8 para verificar se há coerência com o gráfico desenhado pelos estudantes.

b. as questões 4, 5, 6 e 7 pedem para os estudantes identificarem o **comportamento da velocidade da reação** desde o instante inicial ($v \times t$). O estudante identifica e apresenta o estado atual e a tendência das concentrações de reagentes e produtos e a velocidade de consumo dos reagentes e formação de produtos nos momentos t_0 (início da reação), t_1 (fase intermediária) e t_2 (início da fase do equilíbrio químico). Nesta categoria, analisamos as respostas dos estudantes referentes às aproximações das velocidades dos reagentes e dos produtos, antes de t_2 (t_1

= fase intermediária) e após t_2 (início da fase final, quando a reação atingiu e permanece em equilíbrio químico) das reações direta e inversa propostas na experiência do pré e pós-teste. O estudante deve apresentar um entendimento claro sobre o comportamento das velocidades, tanto para os reagentes como para os produtos, antes de t_2 e após t_2 . As respostas destas questões são comparadas com as respostas da questão 8 para verificar se há coerência com o gráfico desenhado pelos estudantes.

c. as questões 8 e 9 tem o objetivo de verificar se o estudante **representa graficamente a variação da concentração e velocidade da reação química**. O estudante identifica e apresenta o estado atual e a tendência das concentrações de reagentes e produtos e a velocidade de consumo dos reagentes e formação de produtos nos momentos t_0 (início da reação), t_1 (fase intermediária) e t_2 (início da fase do equilíbrio químico). Os gráficos desenhados pelos estudantes devem ser coerentes com as respostas das questões 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Em relação à concentração, o estudante deve mostrar claramente que a concentração dos reagentes diminui à medida que a concentração dos produtos aumenta com o passar do tempo até o equilíbrio químico. Em relação à velocidade, os gráficos desta categoria devem mostrar que desde o momento t_0 (início da reação) até o momento t_2 (início da fase do equilíbrio químico) a velocidade da reação direta diminui gradualmente, enquanto a velocidade da reação inversa aumenta gradualmente e após t_2 a reação chega ao equilíbrio e as velocidades ficam iguais e se mantêm constantes.

d. as questões 10 e 19 solicitam ao estudante uma **interpretação conceitual** do equilíbrio químico. Os estudantes devem explicar e conceituar o equilíbrio químico como sendo uma situação atingida por qualquer reação reversível, em que as concentrações dos reagentes e produtos não mais se alteram, pois as velocidades das reações direta e inversa se igualam.

e. nas questões 13 e 14 o estudante deve responder sobre a **influência da variação da temperatura no equilíbrio químico** (Princípio de Le Chatelier). Nestas questões os estudantes devem identificar o comportamento de uma reação química em equilíbrio quando a temperatura do sistema for aumentada tanto para a reação direta e inversa, pois ocorre o aumento do valor da constante de equilíbrio para reações endotérmicas e diminuição para exotérmicas até chegar novamente ao equilíbrio químico. No caso da questão 13 o estudante tem uma situação em que a reação é endotérmica no sentido direto e deveria entender que com o aumento da temperatura teria um deslocamento no sentido da formação de mais produtos gerando um aumento na intensidade da coloração do sistema. No caso da questão 14 o estudante tem uma situação em que a reação é exotérmica no sentido direto e deveria entender que com o aumento de temperatura teria um deslocamento no sentido da formação de mais reagentes gerando um aumento na intensidade da coloração do sistema.

f. a questão 15 aplicada no pré e pós-teste aplicados nas turmas do SJB foi anulada pois os alunos não teriam condições de calcular a concentração de cada uma das substâncias (reagentes e produtos) presentes na reação após a adição de mais produto. Na questão 15 do pré e pós-teste aplicados nas turmas do CSP foi solicitado aos estudantes determinarem se ocorre alguma **influência no equilíbrio químico com a variação da concentração do produto** (Princípio de Le Chatelier).

g. nas questões 1, 11 e 12 os estudantes devem **representar macroscopicamente** um sistema em equilíbrio químico. O estudante deve reconhecer que uma reação química em equilíbrio, apesar de parecer estática macroscopicamente, é dinâmica microscopicamente. Assim, ele identifica que a cor de um sistema desde o instante inicial até atingir o equilíbrio vai se alterando, com tendência a diminuir, sem ficar incolor. Para a reação química trabalhada no pré-teste ($\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$) e no pós-teste ($\text{CO}_{(g)} + \text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(g)} + \text{NO}_{(g)}$), o estudante reconhece que no início da

reação a coloração do sistema é mais intensa e essa intensidade vai diminuindo gradativamente até atingir o equilíbrio, permanecendo inalterada.

h. a questão 16 investiga a **representação microscópica** de um sistema em equilíbrio químico. A situação investigada para a representação microscópica é apresentada somente na apostila sem o uso de analogias (Anexo C) através da reação química ($\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$) em fase gasosa. Nesta situação o estudante deve reconhecer na reação indireta a presença de um grande número de moléculas incolores (NO_2) e essas moléculas sofrem com o passar do tempo transformações durante a reação química originando moléculas coradas (N_2O_4). As moléculas de gás são distribuídas uniformemente e equidistantes umas das outras em um sistema fechado e existindo espaços vazios entre essas moléculas. O estudante mostra que percebe a evolução da reação química, representada em nossos testes por três etapas ou momentos: t_0 (início da reação), t_1 (fase intermediária) e t_2 . No instante t_0 , o estudante representa, através de desenho, que apenas os reagentes estão presentes, de forma que, a concentração de reagentes é máxima e de produtos, zero. À medida que o tempo avança e a reação é processada, chegamos na fase intermediária (t_1). Nesta fase começa a formação dos produtos. A partir do instante t_2 a reação química entra em equilíbrio dinâmico. Importante destacar que consideramos a resposta correta para ambos os grupos (com ou sem o uso de analogias e modelos) a representação dos momentos e a variação das concentrações através da intensidade da coloração do sistema.

i. na questão 17 é solicitado aos estudantes **construção de analogia ou modelo** para explicar uma situação de equilíbrio químico. Através da elaboração de uma analogia ou modelo para explicar e compreender a uma situação de equilíbrio químico pelos próprios estudantes pode ser uma estratégia para observar a evolução e compreensão das analogias utilizadas pelo professor, pois as analogias e modelos geradas pelos estudantes podem estabelecer um meio de avaliação diagnóstica e formativa. De acordo com Wong (1993), quando os alunos elaboram as suas próprias analogias:

- tornam familiares novas situações;
- reconhecem no problema particularidades do seu conhecimento prévio;
- estimulam o pensamento abstrato relativo às estruturas e modelos subjacentes.

Com o objetivo de obter um resultado mais significativo em nossa investigação foi elaborado um novo texto para esta questão visando aumentar o estímulo do estudante na construção de analogia ou modelo.

j. na questão 18 é solicitada a **identificação da representação simbólica** da dupla seta. Nesta questão os estudantes devem identificar o significado da dupla seta (\longleftrightarrow) nas equações de equilíbrio químico, pois caracteriza que a reação é reversível e que ocorre simultaneamente nos dois sentidos.

3.3.2 Elaboração do Pós-teste.

No pós-teste (Anexos H e I) podemos analisar e verificar se o uso de analogias e modelos contribuem na compreensão e formação adequada dos conceitos científicos no contexto do ensino do Equilíbrio Químico, quando comparados com o pré-teste.

Como a finalidade é compararmos as respostas do pré e do pós-teste, propomos questões semelhantes, porém não idênticas, para esses instrumentos. Como as questões do pré-teste já foram discutidas na seção anterior, não iremos detalhar as questões do pós-teste.

3.4 Caracterização da Amostra

A aplicação dos instrumentos de coleta de dados foi realizada em duas turmas de Ensino Médio Profissionalizante da Escola Estadual Técnica São João Batista (SJB) da disciplina de Físico-química II, da cidade de Montenegro-RS e em duas turmas do Ensino Médio do Colégio Sinodal Progresso (CSP) da disciplina de Química da segunda série, da cidade de Montenegro-RS.

A amostra é constituída de um total de setenta e cinco estudantes. Destes, vinte e quatro estudantes fazem parte das turmas do SJB e cinquenta e um estudantes fazem parte das turmas do CSP. No SJB teremos a turma 143 (turno da manhã) com doze estudantes trabalhando com a apostila **sem** o uso de Analogias e Modelos (que iremos denominar de controle-SJB) e a turma 343 (turno da noite) com doze estudantes que realizam a atividade utilizando a apostila **com** o uso de Analogias e Modelos (que iremos denominar de experimental-SJB). No CSP teremos a turma 211 (turno da manhã) com vinte e quatro estudantes que realizam a atividade utilizando a apostila **sem** o uso de Analogias e Modelos (que iremos denominar de controle-CSP) e a turma 212 (turno da manhã) com vinte e sete estudantes que realizam a atividade com a apostila **com** o uso de Analogias e Modelos (que iremos denominar de experimental-CSP).

É importante destacar que todos os estudantes participam das atividades propostas, caracterização da turma, o pré-teste e o pós-teste.

3.4.1 Caracterização do Perfil das Turmas de Estudantes do SJB.

A seguir apresentamos uma síntese das principais características obtidas na pesquisa do questionário (anexo E) feita nas duas turmas de estudantes da Escola Estadual Técnica São João Batista – SJB.

- Homogeneidade na faixa etária em torno de 16 anos na turma controle e heterogeneidade significativa na turma experimental (16 a 37 anos de idade).
- Imensa maioria dos alunos na turma experimental-SJB trabalha e a maioria dos alunos da turma da controle-SJB não trabalha.
- Observa-se na turma experimental-SJB que a professora explica novamente de outra maneira e, a maioria, destaca que a relação com fatos do cotidiano. Na turma controle-SJB temos em destaque que a professora explica novamente ou explica de outra maneira.
- A maioria dos alunos tem dificuldade em compreender o que são analogias, mas alguns entendem que é uma forma de comparação.
- Todos os estudantes consideram que os professores utilizam analogias, principalmente em físico-química e química analítica.
- Entre as várias vantagens relacionadas do uso de analogia e em destaque temos que o conteúdo fica mais fácil de entender.
- A maioria dos estudantes não enxerga nenhum perigo no seu uso, mas alguns reforçam que depende da maneira que a analogia é utilizada.
- Em relação a modelos, a turma experimental-SJB entende que são exemplos e a turma controle-SJB não tem um entendimento em destaque. Consideram que a maioria dos professores utilizam modelos.
- A maioria gosta de estudar.
- A turma experimental-SJB apresenta um percentual de alunos que já foram reprovados (33%) nitidamente inferior ao da turma controle (50%).

- Os alunos de ambas as turmas apreciam, na química, a relação com o cotidiano e atividades de laboratórios.
- A turma experimental-SJB considera que as atividades desenvolvidas classificam-se, em média, como boas e a turma controle-SJB classificam-nas em excelentes.
- As turmas enfatizam a apreciação das atividades laboratoriais.
- Os alunos de ambas as turmas consideram, a maioria, que os trabalhos e seminários como as melhores formas de avaliação.
- De forma significativa os alunos consideram que se exige na medida certa.
- Quanto aos objetivos do estudo, as turmas apresentam um perfil pragmático – melhores perspectivas.

A turma experimental-SJB (turno da noite) apresenta um melhor entendimento sobre o significado das analogias e modelos, mas as duas turmas entendem que é uma forma de comparação e o seu uso facilita o entendimento do conteúdo.

As duas turmas apresentam um perfil idêntico e significativo em relação aos objetivos do estudo - comprometimento e responsabilidade.

3.4.2 Caracterização do Perfil das Turmas de Estudantes do CSP

A seguir apresentamos uma síntese das principais características obtidas na pesquisa do questionário (anexo E) feita nas duas turmas de estudantes do Colégio Sinodal Progresso - CSP.

- Homogeneidade na faixa etária em torno de 16 anos.
- Imensa maioria não trabalha

- Constatam, na maioria, que o procedimento didático dos professores para esclarecer dúvidas, consiste em explicar novamente.
- Na sua maioria, os estudantes consideram que os professores utilizam analogias, principalmente em química, física e biologia, embora tenham dificuldade em compreender o que são analogias.
- Eles relacionam várias vantagens do uso de analogia e, na sua imensa maioria, não enxergam nenhum perigo no seu uso.
- Em relação a modelos, valem essencialmente as mesmas considerações acima sobre analogias (sua natureza e seu uso).
- A maioria gosta de estudar apenas às vezes.
- A turma controle-CSP apresenta um percentual de alunos que já foram reprovados (66%) nitidamente superior ao da turma experimental-CSP (11%).
- Os alunos de ambas as turmas apreciam, na química, diversos aspectos (atividades de laboratórios, conhecimentos gerais etc.) e consideram que as atividades desenvolvidas classificam-se, em média, como boas ou satisfatórias.
- A turma controle-CSP enfatiza a apreciação das atividades laboratoriais, ao passo que na turma experimental-CSP estas têm uma apreciação similar às saídas a campo.
- A maioria dos alunos considera os trabalhos a melhor forma de avaliação.
- Na turma controle-CSP os alunos consideram que se exige na medida certa. A maioria da turma experimental-CSP é da mesma opinião, mas uma fração significativa acha que deveria se exigir um pouco mais.
- Quanto aos objetivos do estudo, a turma experimental-CSP apresenta um perfil pragmático – preparação para o vestibular.

A turma experimental-CSP apresenta, portanto, estudantes com um perfil um pouco mais comprometido e responsável, porém também mais pragmático.

3.5 Metodologia

A metodologia deste trabalho envolve as técnicas das abordagens qualitativas e quantitativas de Pesquisa em Educação.

A escolha do professor e das turmas foi feita em função da disponibilidade e facilidade de contato com o mesmo.

A nossa pesquisa adotou como estratégia de abordagem a comparação da aula na forma tradicional de ensino **sem** o uso de analogia e modelos e **com** o uso de analogias e modelos nas aulas expositivas através do estudo de conceitos de Equilíbrio Químico como tópico para problematizar o ensino e a aprendizagem.

A nossa pesquisa adotará como estratégia de abordagem a comparação das aulas na forma tradicional de ensino (aula expositiva dialogada) em grupos heterogêneos (experimentais e controles) onde o professor utilizará como tema de ensino o Equilíbrio Químico. Nos grupos de controle o ensino será sem o uso de analogias (Anexo C) e nos grupos experimentais o ensino será feito com o uso de analogias (Anexo D) de acordo com a proposta do modelo TWA.

Para realizar o acompanhamento das aulas do professor escolhido utilizaremos como instrumento principal à observação das aulas desse professor. O registro das observações será feito através da combinação de

anotações escritas e da gravação áudio das aulas observadas, pois se considera que o discurso em contexto de sala de aula se constitui um elemento muito importante para análise e controle em relação ao uso ou não uso das analogias em sala de aula. Com a observação teremos um controle do uso adequado das analogias e modelos propostas no programa da pesquisa.

Para a análise de cada uma das situações, definimos três níveis de compreensão, que são apresentados pelos estudantes individualmente. Esses níveis configuram uma escala ordinal de zero a dois. Assim, durante a análise, inicialmente há etapa “interpretativa”, na qual é definido o nível de compreensão conceitual, abaixo relacionado, que o estudante apresenta ao responder à questão sob análise.

- a. Correto (2): as respostas demonstram um perfil científico consistente, sem a presença ou com poucas concepções alternativas que, se apresentadas, aparentemente não prejudicam a compreensão do estudante.**
- b. Parcialmente correto (1): possui marcadamente um perfil científico, mas aparecem falhas nos conceitos advindos de concepções alternativas que prejudicam a compreensão conceitual do contexto analisado.**
- c. Errado, irrelevante ou não respondeu (0): a resposta está totalmente errada, a resposta apresentada é irrelevante ou não há resposta para ser analisada.**

Para cada situação investigada são definidos os elementos específicos que devem constar

nas respostas dos estudantes para que os mesmos enquadrem-se em determinado nível de compreensão. Após, analisamos através da técnica interpretativa, o pré e o pós-teste de cada estudante, classificando as respostas de acordo com o nível de compreensão mais adequado para cada conceito, anotando os resultados em uma tabela.

Para obtermos os resultados das evoluções de cada questão determinamos a diferença entre o nível de compreensão conceitual do estudante do pós e do pré-teste e registramos os resultados em uma tabela, com sinal positivo ou negativo, entre os dois escores. Se a evolução é positiva para determinada situação, ocorreu uma melhora no nível de compreensão por parte do estudante e se o valor é negativo, ocorre o contrário e se o resultado é nulo, não ocorre evolução.

A análise das evoluções de cada questão permite estabelecermos as questões de maior dificuldade de compreensão e o de maior facilidade de entendimento para o grupo de estudantes que realiza a atividade com o uso de analogias e modelos e o grupo de estudantes sem o uso de analogias e modelos.

A primeira análise realizada é um teste Wilcoxon para amostras pareadas. Este teste é capaz de indicar diferenças estatisticamente

significativas para uma amostra em escala ordinal e em dois momentos diferentes (pré e pós-teste).

Somada a pontuação obtida por ambos os grupos para o pré e pós-teste, determinamos a diferença entre os dois momentos (antes e após a intervenção do professor com ou sem o uso de analogias e modelos), bem como a diferença entre os grupos nos mesmos momentos (controle versus experimental no pré-teste e controle versus experimental no pós-teste) tendo como resultado a comparação entre os grupos. Para esta análise, realizamos o teste estatístico Mann-Whitney – U para amostras não pareadas. Isto, não apenas serve para compararmos o pós-atividade, como também, para aferirmos a homogeneidade necessária entre as amostras no instante pré-atividade, visto não ser possível uma randomização para turmas dentro de uma mesma escola. São desenhados os histogramas do número das evoluções para o grupo de estudantes sem o uso de analogias e modelos e para o grupo de estudantes com o uso de analogias e modelos.

Após a análise quantitativa, o trabalho é complementado com uma análise qualitativa das respostas do pré e do pós-teste com a finalidade de investigar as situações em que há o aprendizado e os fatores que contribuem

para esses resultados. Esta análise é realizada nas questões que apresentam resultados quantitativos com melhor evolução conceitual e aqueles que de certa forma apresentam uma evolução modesta.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentamos os resultados da análise estatística de comparação das diferenças entre dois momentos, antes e após a apresentação de forma tradicional do conteúdo sobre equilíbrio químico, para cada um dos grupos em estudo (sem e com o uso de analogias e modelos); comparação dos resultados relativos à evolução (pós e pré) entre os dois grupos; comparação dos resultados em diferentes categorias; e foi criada uma variável baseada na soma das evoluções (pós e pré) que foi comparada entre os dois grupos (Teste *Mann-Whitney* para comparação da evolução entre grupos).

4.3 Comparação dos Resultados entre Pré e Pós-Testes

4.3.1 Comparação dos Resultados entre Pré e Pós-Testes – Escola São João Batista.

Através do teste de Wilcoxon para amostras pareadas, analisamos se houve diferença entre dois momentos (pré e pós-teste) para cada grupo de estudantes (sem e com o uso de analogias e modelos) das duas escolas.

Na tabela 1 apresentamos a distribuição da amostra por grupo de estudantes.

Tabela 1 – Distribuição da amostra por grupo

Grupo	n	%
-------	---	---

Sem analogias e modelos - T 143	12	50,0
Com analogias e modelos - T 343	12	50,0
Total	24	100,0

Tabela 2: Teste dos postos com sinal de Wilcoxon para a comparação entre pré e pós-teste do grupo de estudantes que realizou a atividade **sem o uso de analogias e modelos (turma controle)**.

SJB – SEM Analogias e Modelos				
Questões	Resultado	n	%	Valor de p
1	Pós < Pré	4	33,3%	0,172 ^{ns}
	Pós > Pré	2	16,7%	
	Pós = Pré	6	50,0%	
	Total	12	100,0%	
2	Pós < Pré	4	33,3%	0,344 ^{ns}
	Pós > Pré	2	16,7%	
	Pós = Pré	6	50,0%	
	Total	12	100,0%	
3	Pós < Pré	2	16,7%	0,500 ^{ns}
	Pós > Pré	2	16,7%	
	Pós = Pré	8	66,7%	
	Total	12	100,0%	
4	Pós < Pré	1	8,3%	0,625 ^{ns}
	Pós > Pré	2	16,7%	
	Pós = Pré	9	75,0%	
	Total	12	100,0%	
5	Pós < Pré	0	0,0%	0,250 ^{ns}
	Pós > Pré	2	16,7%	
	Pós = Pré	10	83,3%	
	Total	12	100,0%	
6	Pós < Pré	2	16,7%	0,406 ^{ns}
	Pós > Pré	3	25,0%	
	Pós = Pré	7	58,3%	
	Total	12	100,0%	
7	Pós < Pré	2	16,7%	0,688 ^{ns}
	Pós > Pré	2	16,7%	
	Pós = Pré	8	66,7%	
	Total	12	100,0%	
8	Pós < Pré	0	0,0%	0,031 [*]
	Pós > Pré	5	41,7%	
	Pós = Pré	7	58,3%	
	Total	12	100,0%	
9	Pós < Pré	0	0,0%	0,063 ^{ns}

	Pós > Pré	4	33,3%	
	Pós = Pré	8	66,7%	
	Total	12	100,0%	
10	Pós < Pré	2	16,7%	0,344 ^{ns}
	Pós > Pré	4	33,3%	
	Pós = Pré	6	50,0%	
	Total	12	100,0%	
11	Pós < Pré	1	8,3%	0,375 ^{ns}
	Pós > Pré	4	33,3%	
	Pós = Pré	7	58,3%	
	Total	12	100,0%	
12	Pós < Pré	1	8,3%	0,188 ^{ns}
	Pós > Pré	3	25,0%	
	Pós = Pré	8	66,7%	
	Total	12	100,0%	
13	Pós < Pré	0	0,0%	0,031*
	Pós > Pré	5	41,7%	
	Pós = Pré	7	58,3%	
	Total	12	100,0%	
14	Pós < Pré	3	25,0%	0,500 ^{ns}
	Pós > Pré	2	16,7%	
	Pós = Pré	7	58,3%	
	Total	12	100,0%	
16	Pós < Pré	3	25,0%	0,313 ^{ns}
	Pós > Pré	1	8,3%	
	Pós = Pré	8	66,7%	
	Total	12	100,0%	
17	Pós < Pré	2	16,7%	0,500 ^{ns}
	Pós > Pré	3	25,0%	
	Pós = Pré	7	58,3%	
	Total	12	100,0%	
18	Pós < Pré	2	16,7%	0,500 ^{ns}
	Pós > Pré	3	25,0%	
	Pós = Pré	7	58,3%	
	Total	12	100,0%	
19	Pós < Pré	2	16,7%	0,375 ^{ns}
	Pós > Pré	3	25,0%	
	Pós = Pré	7	58,3%	
	Total	12	100,0%	

^{ns} Diferença não significativa

* Diferença estatisticamente significativa ao nível de 5%

** Diferença estatisticamente significativa ao nível de 1%

Tabela 3: Teste dos postos com sinal de Wilcoxon para a comparação entre pré e pós-teste do grupo de estudantes que realizou a atividade **com o uso de analogias e modelos (turma experimental)**.

SJB – COM Analogias e Modelos				
Questões	Resultado	n	%	Valor de p
1	Pós < Pré	3	25,0%	0,492 ^{ns}
	Pós > Pré	4	33,3%	
	Pós = Pré	5	41,7%	
	Total	12	100,0%	
2	Pós < Pré	3	25,0%	0,188 ^{ns}
	Pós > Pré	4	33,3%	
	Pós = Pré	5	41,7%	
	Total	12	100,0%	
3	Pós < Pré	1	8,3%	0,313 ^{ns}
	Pós > Pré	3	25,0%	
	Pós = Pré	8	66,7%	
	Total	12	100,0%	
4	Pós < Pré	0	0,0%	0,125 ^{ns}
	Pós > Pré	3	25,0%	
	Pós = Pré	9	75,0%	
	Total	12	100,0%	
5	Pós < Pré	0	0,0%	0,031*
	Pós > Pré	5	41,7%	
	Pós = Pré	7	58,3%	
	Total	12	100,0%	
6	Pós < Pré	2	16,7%	0,344 ^{ns}
	Pós > Pré	4	33,3%	
	Pós = Pré	6	50,0%	
	Total	12	100,0%	
7	Pós < Pré	2	16,7%	0,344 ^{ns}
	Pós > Pré	4	33,3%	
	Pós = Pré	6	50,0%	
	Total	12	100,0%	
8	Pós < Pré	0	0,0%	0,002**

	Pós > Pré	9	75,0%	
	Pós = Pré	3	25,0%	
	Total	12	100,0%	
9	Pós < Pré	0	0,0%	0,008**
	Pós > Pré	7	58,3%	
	Pós = Pré	5	41,7%	
	Total	12	100,0%	
10	Pós < Pré	1	8,3%	0,027*
	Pós > Pré	7	58,3%	
	Pós = Pré	4	33,3%	
	Total	12	100,0%	
11	Pós < Pré	2	16,7%	0,180 ^{ns}
	Pós > Pré	5	41,7%	
	Pós = Pré	5	41,7%	
	Total	12	100,0%	
12	Pós < Pré	1	8,3%	0,125 ^{ns}
	Pós > Pré	5	41,7%	
	Pós = Pré	6	50,0%	
	Total	12	100,0%	
13	Pós < Pré	0	0,0%	0,016*
	Pós > Pré	6	50,0%	
	Pós = Pré	6	50,0%	
	Total	12	100,0%	
14	Pós < Pré	7	58,3%	0,059 ^{ns}
	Pós > Pré	1	8,3%	
	Pós = Pré	4	33,3%	
	Total	12	100,0%	
16	Pós < Pré	0	0,0%	0,004**
	Pós > Pré	8	66,7%	
	Pós = Pré	4	33,3%	
	Total	12	100,0%	
17	Pós < Pré	0	0,0%	0,008**
	Pós > Pré	7	58,3%	
	Pós = Pré	5	41,7%	
	Total	12	100,0%	
18	Pós < Pré	1	8,3%	0,094 ^{ns}
	Pós > Pré	4	33,3%	
	Pós = Pré	7	58,3%	
	Total	12	100,0%	
19	Pós < Pré	0	0,0%	0,004**
	Pós > Pré	8	66,7%	
	Pós = Pré	4	33,3%	
	Total	12	100,0%	

^{ns} Diferença não significativa

* Diferença estatisticamente significativa ao nível de 5%

** Diferença estatisticamente significativa ao nível de 1%

Tabela 4 – Comparativo do Teste dos postos com sinal de Wilcoxon para a comparação entre pré e pós-teste entre os dois grupos de estudantes - SJB.

Questão	<i>SEM - controle</i>	COM - experimental	Análise qualitativa
1	Nada significativo	Nada significativo	• Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens
2	Nada significativo	Nada significativo	• Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens
3	Nada significativo	Nada significativo	• Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens
4	Nada significativo	Nada significativo	• Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens
5	Nada significativo	Evolução significativa – nível de 5 %	• Abordagem sem analogias não há evolução. • Abordagem com analogias apresenta evolução significativa.
6	Nada significativo	Nada significativo	• Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens
7	Nada significativo	Nada significativo	• Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens
8	Evolução significativa – nível de 5%	Evolução significativa – nível de 1 %	• Evolução em ambas as abordagens, sem interferência das metodologias.

9	Nada significativo	Evolução significativa – nível de 1 %	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem sem analogias não há evolução significativa. • Abordagem com analogias apresenta evolução significativa.
10	Nada significativo	Evolução significativa – nível de 5 %	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem sem analogias não há evolução significativa. • Abordagem com analogias apresenta evolução significativa.
11	Nada significativo	Nada significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens
12	Nada significativo	Nada significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens
13	Evolução significativa – nível de 5%	Evolução significativa – nível de 5 %	<ul style="list-style-type: none"> • Evolução em ambas as abordagens. Sem interferência das metodologias.
14	Nada significativo	Nada significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens.
15	Anulada		
16	Nada significativo	Evolução significativa – nível de 5 %	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem sem analogias não há evolução significativa. • Abordagem com analogias apresenta evolução significativa.
17	Nada significativo	Evolução significativa – nível de 5 %	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem sem analogias não há evolução significativa. • Abordagem com analogias apresenta evolução significativa.
18	Nada significativo	Nada significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens.
19	Nada significativo	Evolução significativa – nível de 5 %	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem sem analogias não há evolução significativa. • Abordagem com analogias apresenta evolução significativa.

No parágrafo abaixo apresentamos os resultados classificados quanto à evolução e não evolução e a seguir faremos uma discussão de forma categorizada.

Sem diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) observamos nas questões 1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 14 e 18, onde nenhuma das abordagens contribui de forma significativa no processo de aprendizagem. Em alguns casos, há um leve crescimento, noutros, pequena involução ou escores

iguais no pré e pós-testes. Como, contudo, as diferenças estão aquém da significância estatística, não podemos atribuir diferenças significativas.

Evolução estatisticamente significativa ocorre na questão 8, onde os resultados demonstram a contribuição de ambas abordagens, porém a abordagem sem analogias apresentou evolução ao nível de 5% e a abordagem com analogias evolução ao nível de 1%, ou seja, mais expressiva.

Evoluções estatisticamente significativas ao nível de 5% somente para abordagem com o uso de analogias ocorreram nas questões 5, 10, 16, 17, e 19, onde os resultados demonstram que houve diferenças significativas entre os dois momentos.

Evolução estatisticamente significativa ao nível de 1% somente para abordagem com o uso de analogias ocorreu na questão 9 onde os resultados demonstram que houve diferenças significativas entre os dois momentos.

Evolução em ambas as abordagens ao nível de 5% ocorreu na questão 13 onde os resultados demonstram diferenças significativas não demonstrando interferência das metodologias.

Discussão categorizada - quanto às distintas categorias de questões, o desempenho da metodologia usando analogias é bastante diferente, como explicado a seguir.

Nas questões que enfocam a dependência da concentração em função do tempo (2 e 3), bem como nas questões envolvendo o princípio de Le Chatelier (13 e 14), a representação macroscópica (1, 11 e 12) e a representação simbólica (18) não há diferença estatisticamente significativa entre as duas abordagens. Isto é surpreendente, principalmente no que diz

respeito ao princípio de Le Chatelier, uma vez que algumas analogias procuravam explorar de modo direto este princípio.

Nas questões de interpretação conceitual (10 e 19), há uma superioridade estatisticamente significativa da abordagem usando analogias.

Nas questões que tratam da velocidade em função do tempo (questões 4, 5, 6 e 7), há uma performance levemente superior da abordagem usando analogias.

Há uma vantagem no uso da metodologia usando analogias também nas questões de representação gráfica da concentração e da velocidade em função do tempo (questões 8 e 9). Aparentemente, as analogias permitem uma melhor compreensão do plano simbólico destes conceitos.

A representação microscópica (questão 16) também foi surpreendentemente superior na abordagem com analogias, embora a apostila sem analogias tratasse estes conceitos de modo mais extenso.

Finalmente, como esperado, os alunos da turma onde foi usada a metodologia com analogias e modelos apresentaram melhor facilidade na formulação das suas próprias analogias (questão 17).

4.3.2 Comparação dos Resultados entre Pré e Pós-testes – Colégio Sinodal Progresso.

Através do teste de Wilcoxon para amostras pareadas, analisamos e houve diferença entre dois momentos (pré e pós-teste) para cada grupo de estudantes (sem e com o uso de analogias e modelos).

Na tabela 6 apresentamos a distribuição da amostra por grupo de estudantes.

Tabela 6 – Distribuição da amostra por grupo

Grupo	n	%
Sem analogias e modelos – T 211	27	52,9
Com analogias e modelos – T 212	24	47,1
Total	51	100,0

Os resultados desse teste são apresentados na tabela sete (para o grupo sem o uso de analogias e modelos) e na tabela oito (para o grupo com o uso de analogias e modelos) para as diferenças consideradas significativas ($p \leq 0,05$), antes e após a apresentação do conteúdo proposto (Equilíbrio Químico).

Tabela 7: Teste dos postos com sinal de Wilcoxon para a comparação entre pré e pós-teste do grupo de estudantes que realizou a atividade **sem o uso de analogias e modelos (turma controle)**.

CSP – SEM Analogias e Modelos

Questões		n	%	Valor de p
Resultado				
Questão 1	Pós < Pré	16	59,3%	0,005**
	Pós > Pré	4	14,8%	
	Pós = Pré	7	25,9%	
	Total	27	100,0%	
Questão 2	Pós < Pré	0	0,0%	0,001**
	Pós > Pré	13	48,1%	
	Pós = Pré	14	51,9%	
	Total	27	100,0%	
Questão 3	Pós < Pré	0	0,0%	0,006**
	Pós > Pré	9	33,3%	
	Pós = Pré	18	66,7%	
	Total	27	100,0%	
Questão 4	Pós < Pré	3	11,1%	0,516 ^{ns}
	Pós > Pré	3	11,1%	
	Pós = Pré	21	77,8%	
	Total	27	100,0%	
Questão 5	Pós < Pré	4	14,8%	0,334 ^{ns}
	Pós > Pré	1	3,7%	
	Pós = Pré	22	81,5%	
	Total	27	100,0%	
Questão 6	Pós < Pré	7	25,9%	1,000 ^{ns}
	Pós > Pré	7	25,9%	
	Pós = Pré	13	48,1%	
	Total	27	100,0%	
Questão 7	Pós < Pré	5	18,5%	0,949 ^{ns}
	Pós > Pré	4	14,8%	
	Pós = Pré	18	66,7%	
	Total	27	100,0%	
Questão 8	Pós < Pré	0	0,0%	0,317 ^{ns}
	Pós > Pré	1	3,7%	
	Pós = Pré	26	96,3%	
	Total	27	100,0%	
Questão 9	Pós < Pré	0	0,0%	0,004**
	Pós > Pré	10	37,0%	

	Pós = Pré	17	63,0%	
	Total	27	100,0%	
Questão 10	Pós < Pré	2	7,4%	0,000**
	Pós > Pré	17	63,0%	
	Pós = Pré	8	29,6%	
	Total	27	100,0%	
Questão 11	Pós < Pré	4	14,8%	0,022*
	Pós > Pré	12	44,4%	
	Pós = Pré	11	40,7%	
	Total	27	100,0%	
Questão 12	Pós < Pré	2	7,4%	0,094 ^{ns}
	Pós > Pré	9	33,3%	
	Pós = Pré	16	59,3%	
	Total	27	100,0%	
Questão 13	Pós < Pré	4	14,8%	0,521 ^{ns}
	Pós > Pré	5	18,5%	
	Pós = Pré	18	66,7%	
	Total	27	100,0%	
Questão 14	Pós < Pré	11	40,7%	0,004**
	Pós > Pré	1	3,7%	
	Pós = Pré	15	55,6%	
	Total	27	100,0%	
Questão 15	Pós < Pré	5	18,5%	0,739 ^{ns}
	Pós > Pré	4	14,8%	
	Pós = Pré	18	66,7%	
	Total	27	100,0%	
Questão 16	Pós < Pré	1	3,7%	0,157 ^{ns}
	Pós > Pré	4	14,8%	
	Pós = Pré	22	81,5%	
	Total	27	100,0%	
Questão 17	Pós < Pré	8	29,6%	0,005**
	Pós > Pré	0	0,0%	
	Pós = Pré	19	70,4%	
	Total	27	100,0%	
Questão 18	Pós < Pré	2	7,4%	0,015*
	Pós > Pré	12	44,4%	
	Pós = Pré	13	48,1%	
	Total	27	100,0%	
Questão 19	Pós < Pré	0	0,0%	0,000**
	Pós > Pré	18	66,7%	
	Pós = Pré	9	33,3%	
	Total	27	100,0%	

^{ns} Diferença não significativa

* Diferença estatisticamente significativa ao nível de 5%

** Diferença estatisticamente significativa ao nível de 1%

Tabela 8: Teste dos postos com sinal de Wilcoxon para a comparação entre pré e pós-teste do grupo de estudantes que realizou a atividade **com o uso de analogias e modelos (turma experimental)**.

CSP – COM Analogias e Modelos				
Questões		n	%	Valor de p
Resultado				
Questão 1	Pós < Pré	9	37,5%	0,346 ^{ns}
	Pós > Pré	6	25,0%	
	Pós = Pré	9	37,5%	
	Total	24	100,0%	
Questão 2	Pós < Pré	2	8,3%	0,016**
	Pós > Pré	14	58,3%	
	Pós = Pré	8	33,3%	
	Total	24	100,0%	
Questão 3	Pós < Pré	1	4,2%	0,008**
	Pós > Pré	11	45,8%	
	Pós = Pré	12	50,0%	
	Total	24	100,0%	
Questão 4	Pós < Pré	0	0,0%	0,008**
	Pós > Pré	8	33,3%	
	Pós = Pré	16	66,7%	
	Total	24	100,0%	
Questão 5	Pós < Pré	0	0,0%	0,002**
	Pós > Pré	10	41,7%	
	Pós = Pré	14	58,3%	
	Total	24	100,0%	
Questão 6	Pós < Pré	3	12,5%	0,387 ^{ns}
	Pós > Pré	7	29,2%	

	Pós = Pré	14	58,3%	
	Total	24	100,0%	
Questão 7	Pós < Pré	3	12,5%	0,121 ^{ns}
	Pós > Pré	9	37,5%	
	Pós = Pré	12	50,0%	
	Total	24	100,0%	
Questão 8	Pós < Pré	0	0,0%	0,006 ^{**}
	Pós > Pré	9	37,5%	
	Pós = Pré	15	62,5%	
	Total	24	100,0%	
Questão 9	Pós < Pré	0	0,0%	0,001 ^{**}
	Pós > Pré	14	58,3%	
	Pós = Pré	10	41,7%	
	Total	24	100,0%	
Questão 10	Pós < Pré	2	8,3%	0,003 ^{**}
	Pós > Pré	13	54,2%	
	Pós = Pré	9	37,5%	
	Total	24	100,0%	
Questão 11	Pós < Pré	8	33,3%	0,617 ^{ns}
	Pós > Pré	5	20,8%	
	Pós = Pré	11	45,8%	
	Total	24	100,0%	
Questão 12	Pós < Pré	1	4,2%	0,039 [*]
	Pós > Pré	8	33,3%	
	Pós = Pré	15	62,5%	
	Total	24	100,0%	
Questão 13	Pós < Pré	3	12,5%	0,132 ^{ns}
	Pós > Pré	8	33,3%	
	Pós = Pré	13	54,2%	
	Total	24	100,0%	
Questão 14	Pós < Pré	7	29,2%	0,034 [*]
	Pós > Pré	1	4,2%	
	Pós = Pré	16	66,7%	
	Total	24	100,0%	
Questão 15	Pós < Pré	1	4,2%	0,257 ^{ns}
	Pós > Pré	3	12,5%	
	Pós = Pré	20	83,3%	
	Total	24	100,0%	
Questão 16	Pós < Pré	1	4,2%	0,102 ^{ns}
	Pós > Pré	5	20,8%	
	Pós = Pré	18	75,0%	
	Total	24	100,0%	
Questão 17	Pós < Pré	5	20,8%	0,739 ^{ns}
	Pós > Pré	4	16,7%	
	Pós = Pré	15	62,5%	

	Total	24	100,0%	
Questão 18	Pós < Pré	3	12,5%	0,052 ^{ns}
	Pós > Pré	10	41,7%	
	Pós = Pré	11	45,8%	
	Total	24	100,0%	
Questão 19	Pós < Pré	1	4,2%	0,257 ^{ns}
	Pós > Pré	3	12,5%	
	Pós = Pré	20	83,3%	
	Total	24	100,0%	

^{ns} Diferença não significativa

* Diferença estatisticamente significativa ao nível de 5%

** Diferença estatisticamente significativa ao nível de 1%

Tabela 9 – Comparativo do Teste dos postos com sinal de Wilcoxon para a comparação entre pré e pós-teste entre os dois grupos de estudantes – CSP.

Questão	<i>SEM - controle</i>	COM - experimental	Análise qualitativa
1	Involução	Nada significativo	• Ambas as abordagens falham e com involução sem o uso de analogias.
2	Evolução significativa – nível de 1%	Evolução significativa – nível de 1%	• Evolução em ambas as abordagens.
3	Evolução significativa – nível de 1%	Evolução significativa – nível de 1%	• Evolução em ambas as abordagens.
4	Nada significativo	Evolução significativa – nível de 1%	• Não há crescimento significativo na abordagem sem analogias. • Abordagem com analogias apresenta evolução significativa.
5	Nada significativo	Evolução significativa –	• Não há crescimento significativo na abordagem sem analogias.

		nível de 1%	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem com analogias apresenta evolução significativa.
6	Nada significativo	Nada significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens.
7	Nada significativo	Nada significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens.
8	Nada significativo	Evolução significativa – nível de 1%	<ul style="list-style-type: none"> • Não há crescimento significativo na abordagem sem analogias. • Abordagem com analogias apresenta evolução.
9	Evolução significativa – nível de 1%	Evolução significativa – nível de 1%	<ul style="list-style-type: none"> • Evolução em ambas as abordagens.
10	Evolução significativa – nível de 1%	Evolução significativa – nível de 1%	<ul style="list-style-type: none"> • Evolução em ambas as abordagens.
11	Evolução significativa – nível de 5%	Nada significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem sem analogias apresenta evolução significativa. • Não há crescimento significativo na abordagem com analogias.
12	Nada significativo	Evolução significativa – nível de 5%	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem sem analogias não há evolução. • Abordagem com analogias apresenta evolução.
13	Nada significativo	Nada significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens.
14	Involução	Involução	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas abordagens falham com involução.
15	Nada significativo	Nada significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens.
16	Nada significativo	Nada significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Não há crescimento significativo em nenhuma das abordagens.
17	Involução	Nada significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas as abordagens falham e com involução sem o uso de analogias.
18	Evolução significativa – nível de 5%	Nada significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem sem analogias apresenta evolução significativa. • Não há evolução significativa na abordagem com analogias.
19	Evolução significativa – nível de 1%	Nada significativo	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem sem analogias apresenta evolução significativa. • Não há crescimento significativa na abordagem com analogias.

Nos parágrafos abaixo apresentamos os resultados classificados quanto à evolução e não evolução e a seguir faremos uma discussão de forma categorizada.

Involuções ocorrem nas questões 1 e 17 principalmente para abordagem sem o uso de analogias e modelos e para a questão 14, onde ambas as abordagens falham.

Sem diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) observamos nas questões 6, 7, 13, 15 e 16, onde ambas abordagens não contribuem de forma significativa no processo de aprendizagem.

Evoluções estatisticamente significativas ocorrem nas questões 2, 3, 9 e 10, onde os resultados demonstram a contribuição de ambas abordagens ao nível de 1%.

Evolução estatisticamente significativa ao nível de 5% para abordagem **sem** o uso de analogias e modelos ocorre nas questões 11, e 18, e ao nível de 1% na questão 19, onde os resultados demonstram que houve diferenças significativas entre os dois momentos.

Evolução estatisticamente significativa ao nível de 5% para abordagem **com** o uso de analogias e modelos ocorre na questão 12 onde os resultados demonstram que houve diferenças significativas entre os dois momentos.

Evolução estatisticamente significativa ao nível de 1% para abordagem com o uso de analogias e modelos ocorrem nas questões 4, 5 e 8 onde os resultados demonstram que houve diferenças significativas entre os dois momentos.

Discussão categorizada - quanto às distintas categorias de questões, o desempenho da metodologia usando analogias é bastante diferente, como explicado a seguir.

Na questão que explora a representação macroscópica (1), não há diferença estatisticamente significativa entre as duas abordagens e ocorre inclusive involução na abordagem sem o uso de analogias e modelos. Na questão 11 ocorre uma evolução significativa para a abordagem sem o uso de analogias e nada significativo para abordagem com o uso de analogias. Já para a questão 12 ocorre uma evolução significativa para a abordagem com o uso de analogias e nada significativo para a abordagem sem o uso de analogias.

Nas questões que enfocam a dependência da concentração em função do tempo (2 e 3), há evolução estatisticamente significativa a nível de 1% em ambas abordagens demonstrando que as metodologias não parecem cumprir nenhum papel significativo.

Nas questões 4 e 5 que tratam da velocidade em função do tempo na aproximação das velocidades dos reagentes e dos produtos, antes de t_2 , há uma superioridade estatisticamente significativa da abordagem usando analogias e modelos. Nas questões 6 e 7 que tratam da velocidade em função do tempo após t_2 , não há diferença estatisticamente significativa entre as duas abordagens.

Há uma leve vantagem no uso da metodologia usando analogias e modelos na questão 8 que trata da representação gráfica da concentração e na questão 9 que trata da representação gráfica da velocidade em função tempo ocorre uma evolução significativa em ambas as abordagens.

Na interpretação conceitual (10) não há diferença estatisticamente significativa entre as duas abordagens e em alguns casos ambas se

mostram igualmente adequadas ou não demonstram evolução significativa. Na questão 19 que também trata sobre a interpretação conceitual ocorreu uma diferença estatisticamente significativa ao nível de 1% para abordagem sem o uso de analogias e a abordagem com o uso de analogias e modelos não propiciou alteração significativa.

Nas questões envolvendo o princípio de Le Chatelier (13 e 15), não há diferença estatisticamente significativa entre as duas abordagens e em alguns casos ambas se mostram igualmente adequadas ou não demonstram evolução significativa. Na questão 14 ocorre inclusive involução na abordagem sem o uso de analogias e modelos.

Na representação microscópica (16) não há diferença estatisticamente significativa entre as duas abordagens.

Na formulação de sua própria analogia (17) não há diferença estatisticamente significativa entre as duas abordagens e ocorre inclusive involução na abordagem sem o uso de analogias e modelos.

Finalmente, a representação simbólica (18) apresenta um melhor desempenho para abordagem sem o uso de analogias e modelos.

4.3.3 Comparação dos Resultados.

Como discutido na seção (3.4) o perfil das turmas do SJB e do CSP (por extenso) é bastante diferente. Enquanto que as turmas do SJB são turmas de ensino médio profissionalizante, as turmas do CSP são de ensino médio regular. O desempenho relativo do uso de analogias também demonstrou diferença entre estes contextos distintos.

Em ambas as escolas, o uso de analogias favorece a aprendizagem dos tópicos relativos à representação gráfica de concentração e velocidade (questões 8 e 9), bem como as questões que tratam da evolução da velocidade em função do tempo (questões 4, 5, 6 e 7). O comportamento da concentração e da velocidade à medida que a reação prossegue parece ser um aspecto no qual o uso de analogias facilita bastante o aprendizado, pois muitas analogias se relacionam precisamente a estes aspectos do equilíbrio químico. Por outro lado, estes aspectos, devido à sua natureza complexa e nem sempre intuitiva, não são muitas vezes compreendidos dentro de uma abordagem tradicional.

Na escola SJB, além disso, a abordagem usando analogias apresentou nítida superioridade nas questões de interpretação conceitual, representação microscópica e construção de analogias. Nesta escola, os estudantes apresentavam um perfil de maior motivação, sendo que para estes o estudo da química é inquestionavelmente importante para a sua formação. Na escola CSP, contudo, a importância da química não era tão evidente aos estudantes, e, para a abordagem usando analogias ser eficaz, talvez fosse necessária uma motivação prévia.

4.4 Comparações Globais entre pré-testes e entre pós-testes.

Os resultados das comparações globais entre pré-testes e entre pós-testes foram obtidos após ser criada uma variável baseada na soma dos escores (pós e pré testes) através do teste de Mann-Whitney.

4.2.6 Comparações Globais entre pré-testes e entre pós-testes – SJB

A seguir apresentamos os gráficos com resultados da comparação global entre pré-testes e pós-testes das turmas da Escola Estadual Técnica São João Batista.

Tabela 11 - Teste *Mann-Whitney* para comparação entre pré-testes e pós-testes.

Grupo	n	Média	Desvio-padrão	Z	Valor de p
SOMA PRE					
Sem	12	13,25	6,37	-0,23	0,84
Com	12	12,00	3,84		
SOMA POS					
Sem	12	15,50	7,85	-2,08	0,04
Com	12	21,42	5,82		

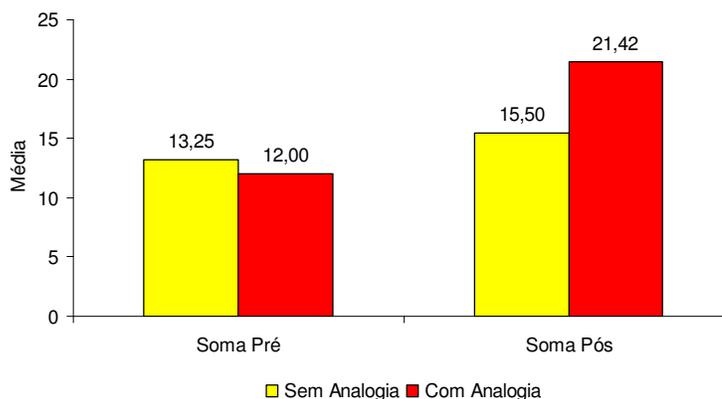


Gráfico 5 - Médias das evoluções entre pré-testes e pós-testes – SJB.

Na análise das médias dos pré-testes observamos que os valores são muito semelhantes, porém com bom desempenho. Nítida superioridade é observada pela turma **com** o uso de analogias e modelos na análise das médias dos pós-testes.

Através dos resultados do teste Mann-Whitney verifica-se que existe diferença significativa apenas para a soma Pós e observa-se que a média foi superior no grupo **com** analogias e modelos.

4.2.7 Comparações Globais entre pré-testes e pós-testes - CSP

A seguir apresentamos os gráficos com resultados da comparação global entre pré-testes e pós-testes das turmas do Colégio Sinodal Progresso.

Tabela 12 - Teste *Mann-Whitney* para comparação entre pré-testes e pós-testes.

Grupo	n	Média	Desvio-padrão	Z	Valor de p
SOMA_PRÉ					
Sem	27	6,48	4,11	-1,69	0,09
Com	24	8,46	4,51		
SOMA_PÓS					
Sem	27	10,15	5,36	-2,16	0,03
Com	24	15,21	7,65		

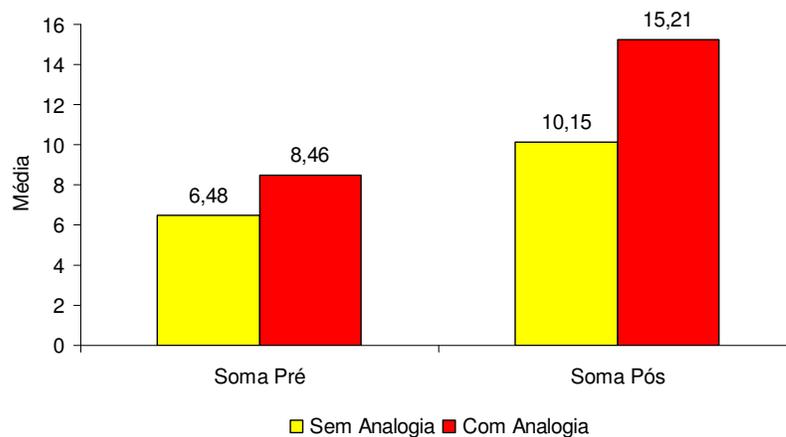


Gráfico 6 - Médias das evoluções entre pré-testes e pós-testes – CSP.

Na análise das médias dos pré-testes observamos que os valores são diferentes, mas não estatisticamente significativos. Na análise das médias dos pós-testes os valores são diferentes e estatisticamente significativo. O valor da média dos pós-testes é nitidamente superior para turma **com** o uso de analogias e modelos.

Através dos resultados do teste Mann-Whitney verifica-se que existe diferença significativa apenas para a soma Pós e observa-se que a média foi superior no grupo **com** analogias e modelos.

4.2.8 Comparação das Evoluções Globais entre pré-testes e entre pós-testes das duas escolas.

No SJB ocorreu grande evolução na turma com o uso de analogias e modelos e uma modesta evolução na turma sem o uso de analogias e modelos, pois ambas as turmas apresentaram resultados nos pré-testes que eram boas.

No CSP ocorreu uma evolução na turma com o uso de analogias e modelos, mas não superior ao do SJB. Em relação à turma sem o uso de analogias e modelos observamos que a evolução não foi tão pequena, demonstrando que a turma, partindo de um pré-teste com escore bastante baixo, se recuperou.

4.2.9 Médias e Evoluções – SJB

A seguir apresentamos em histogramas os resultados de comparação entre os dois grupos após ser criada uma variável baseada na soma das evoluções (pós e pré-testes).

Tabela 5 - Teste *Mann-Whitney* para comparação da evolução entre grupos

	Grupo	n	Média	Desvio-padrão	Z	Valor de p
Evolução	Sem	12	2,25	6,58	-2,29	0,010*
	Com	12	9,42	5,74		

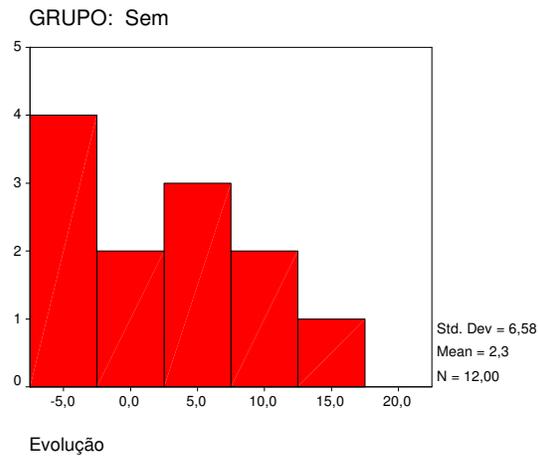


Gráfico 1 - Histograma das evoluções sem analogias e modelos – SJB.

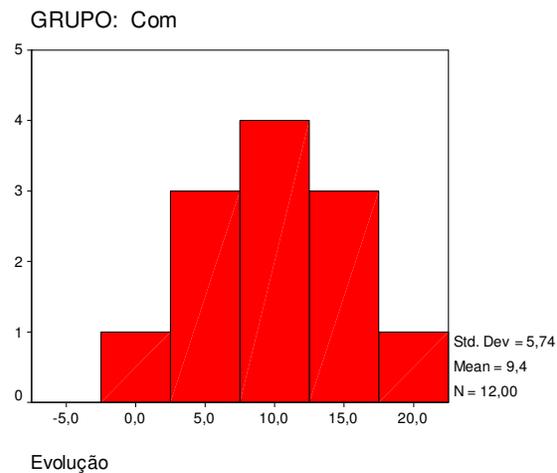


Gráfico 2 - Histograma das evoluções com analogias e modelos – SJB.

Ao observarmos os gráficos obtidos através do teste Mann-Whitney, que ilustram os histogramas um e dois, percebemos que houve uma migração de estudantes dos níveis de compreensão mais inferiores para os mais superiores. Esses resultados demonstram que a metodologia com o uso de analogias e modelos teve desempenho nitidamente superior, com diferença estatisticamente significativa. Ressalte-se que se trata de turmas

de ensino médio profissionalizante que, já no pré-teste mostraram altos escores.

4.2.10 Médias e Evoluções – CSP

A seguir apresentamos em histogramas os resultados de comparação entre os dois grupos após ser criada uma variável baseada na soma das evoluções (pós e pré testes).

Tabela 10 - Teste *Mann-Whitney* para comparação da evolução entre grupos.

	Grupo	n	Média	Desvio-padrão	Z	Valor de p
Evolução	Sem	27	3,67	4,91	1,74	0,082
	Com	24	6,75	5,79		

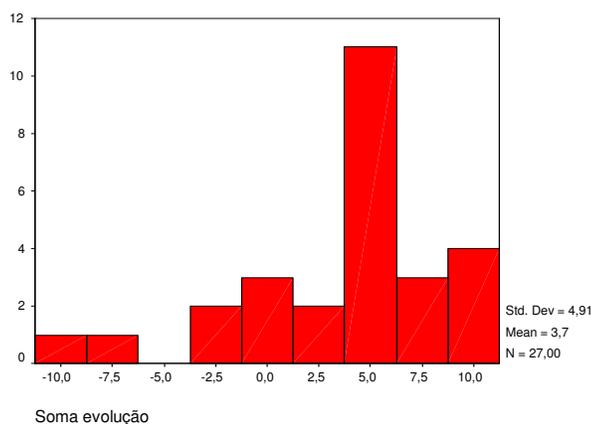


Gráfico 3 - Histograma das evoluções sem analogias e modelos – CSP.

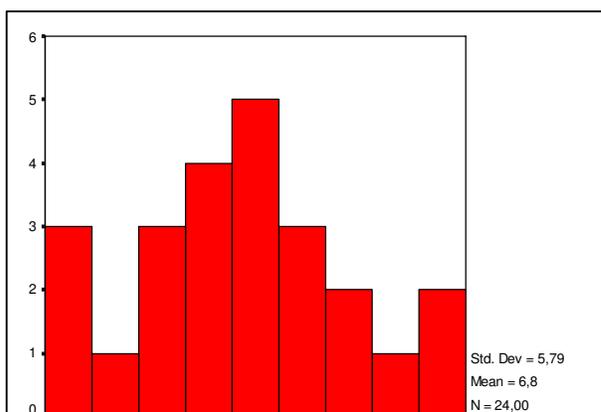


Gráfico 4 - Histograma das evoluções com analogias e modelos – CSP.

Ao observarmos os gráficos três e quatro, percebemos que há uma diferença nítida de evolução, mas a significância estatística é baixa. No entanto, trata-se de turmas de ensino médio regular, que no pré-teste apresentaram uma média bastante baixa e evoluíram de modo razoável em ambas as turmas.

4.4 Análise Qualitativa por Categorias de Questões

Nessa análise, agrupamos as questões em categorias e verificamos os resultados quantitativos dos estudantes que apresentam as melhores evoluções conceituais e aqueles que de certa forma apresentam alguma evolução, ainda que modesta.

De acordo com Lüdke & André (1986) é importante que sejam utilizados o maior número de instrumentos na coleta e análise de dados para termos uma análise fidedigna de dados qualitativos. Sendo assim, utilizaremos os dos dados obtidos comparando as respostas dos pré e o pós-teste dos estudantes, com a finalidade de investigar qualitativamente situações em que realmente ocorre o aprendizado.

Para podermos comparar as respostas do pré e do pós-teste, foram propostos enunciados e questões semelhantes, porém não idênticas, para

esses instrumentos e em nossa análise daremos destaque nas questões as analogias e modelos relevantes que contribuem de forma direta para o aprendizado do conteúdo proposto de cada questão.

No item 3.3.1 temos a descrição das questões que foram utilizadas nos pré e pós-testes agrupadas em categorias.

A seguir descrevemos qualitativamente as características das repostas de alguns estudantes das turmas que utilizaram as analogias e modelos, sendo os exemplos retirados dos pós-testes dos estudantes do SJB e CSP.

4.4.1 Comportamento da Concentração na Reação de Equilíbrio Químico desde o Instante Inicial (C x t)

As questões analisadas nesta categoria são:

Pré e pós-teste: 2 e 3

Na análise dos resultados obtidos entre o pré e pós-teste verificamos que os estudantes das turmas do SJB não apresentaram evolução significativa em seu aprendizado para ambas às questões com ou sem o uso de analogias e modelos. O maior número de acertos foi obtido pelo grupo de estudantes que utilizaram analogias e modelos, porém as respostas foram diretas e não demonstraram que a variação da concentração dos reagentes e produtos ocorria de forma gradual.

Exemplo da estudante MM:

Questão 2 – “Diminui”.

Questão 3 – “Aumenta”.

Os estudantes das turmas do CSP apresentaram uma evolução significativa com e sem o uso de analogias e modelos a nível de 1%, porém o maior número de acertos ficou com o grupo de estudantes que utilizaram analogias e modelos e as respostas apresentadas também foram muito objetivas e diretas.

Exemplo da estudante MR:

Questão 2 – “Diminui a concentração”.

Questão 3 – “Aumenta a concentração”.

Nesta questão os estudantes apresentam uma dificuldade de raciocínio na elaboração de uma resposta que apresente de forma consistente o que está acontecendo com a concentração dos reagentes e produtos.

Entendemos que não ocorreu uma influência significativa das analogias e modelos (principalmente dos gráficos) na construção e elaboração dos conceitos desta categoria.

4.4.2 Comportamento da Velocidade na Reação de Equilíbrio Químico desde o Instante Inicial (V x t)

As questões analisadas nesta categoria são:

Pré-teste e pós-teste: 4, 5, 6 e 7

Na análise dos resultados obtidos entre o pré e pós-teste verificamos que os estudantes das turmas do SJB não apresentaram evolução significativa em seu aprendizado para todas as questões com ou sem o uso de analogias e modelos. Porém alguns estudantes apresentam respostas simples que contemplam satisfatoriamente com o que é esperado.

Exemplo da estudante DB:

Questão 4 – “Diminui, pois a concentração de CO e NO₂ diminui”.

Questão 5 – “Aumenta, pois a concentração de CO₂ e NO aumenta”.

Questão 6 – “Permanece constante”.

Questão 7 – “Permanece constante”.

Na análise dos resultados obtidos entre o pré e pós-teste verificamos que os estudantes das turmas do CSP apresentaram evolução significativa para as questões que tratam sobre a velocidade da reação antes de t_2 para produtos e reagentes e poucos estudantes identificam que a reação química entra em equilíbrio após t_2 .

Exemplo da estudante FM:

Questão 4 – “A velocidade dos reagentes diminui”.

Questão 5 – “A velocidade do produto Aumentou, pois partiu do zero”.

Questão 6 – “Entraram em equilíbrio, as velocidades direta e inversa passaram a ser iguais”.

Questão 7 – “Entraram em equilíbrio, as velocidades direta e inversa passaram a ser iguais”.

Assim, paradoxalmente, o desempenho da metodologia foi melhor na compreensão da reação inversa do que da reação direta, conforme os

resultados estatísticos nos indicam, principalmente em relação à questão 5 de ambas as turmas com o uso de analogias e modelos. Neste momento é importante destacar que é possível que esteja ocorrendo uma abordagem mais superficial da apresentação da reação direta por se considerar que seja mais simples e se esteja dando uma maior ênfase na reação inversa por ser mais complexa, tanto para o comportamento da reação em função da concentração quanto da velocidade.

4.4.3 Interpretação Conceitual sobre Equilíbrio Químico

As questões analisadas nesta categoria são:

Pré e pós-teste: 10 e 19

Na análise dos resultados obtidos entre o pré e pós-teste verificamos que os estudantes das turmas do SJB demonstraram uma evolução significativa para ambas às questões utilizando analogias e modelos e apresentam respostas pouco elaboradas e simples.

Exemplo da estudante DP:

Questão 10 – “A coloração do sistema permanece constante porque a reação atingiu o equilíbrio químico”.

Questão 19 – “É quando numa reação reversível as concentrações ficam constantes e as velocidades se igualem”.

Para os estudantes das turmas do CSP temos uma situação em que com e sem o uso de analogias e modelos os resultados não foram expressivos demonstrando que ambas as metodologias falharam na interpretação do conceito de equilíbrio químico. Os poucos estudantes que

tiveram a sua resposta considerada certa apresentaram com o mesmo nível de conhecimento dos estudantes SJB.

Exemplo da estudante TF:

Questão 10 – “Pois as reações químicas chegaram ao equilíbrio químico por isso permanece constante”.

Questão 19 – “É quando a concentração não se altera mais pois as velocidades das reações direta e inversa são iguais”.

Em ambos os grupos os estudantes que apresentam respostas corretas conseguem através do enunciado da experiência e da equação química fazer uma interpretação correta dos conceitos demonstrando um perfil científico consistente.

4.4.4 Influência da Variação da Temperatura no Equilíbrio Químico (Princípio de Le Chatelier)

As questões analisadas nesta categoria são:

Pré-teste e pós-teste: 13 e 14

No estudo da influência da variação da temperatura no equilíbrio químico constatamos que não ocorreu uma evolução significativa em ambas às turmas (SJB e CSP) com ou sem o uso de analogias e modelos.

O grau de dificuldade para compreensão destes conceitos é muito grande devido a sua complexidade e dependência de conhecimentos prévios sobre termoquímica dificultando a compreensão e interpretação das questões.

Verificamos que na apostila com o uso de analogias e modelos foram utilizados de forma específica somente gráficos.

Também verificamos o programa de estudos das turmas CSP e observamos que os conteúdos de cinética e termoquímica ainda não haviam sido trabalhados causando um prejuízo significativo na compreensão das influências no deslocamento do equilíbrio químico. Os estudantes das turmas SJB apresentam uma deficiência de formação sobre os mesmos conteúdos.

Em relação aos estudantes SJB percebemos que a maioria das respostas corretas foram aleatórias, isto é, quando o estudante acertava a questão 13 errava a 14 e vice-versa.

Exemplo da estudante ML:

Questão 13 – “Provavelmente formar-se-á um castanho um pouco mais forte”.

Questão 14 – “Se formaria um pouco mais fraca”. Errada.

Exemplo da estudante MM:

Questão 13 – “Tendência a coloração incolor”. Errada.

Questão 14 – “Tendência a coloração um castanho avermelhado forte”.

Os estudantes CSP somente apresentaram respostas corretas para a questão 13 confirmando a falta de conhecimentos sobre termoquímica e cinética.

Exemplo da estudante FM:

Questão 13 – “Com o aumento da temperatura a coloração final ficaria mais forte”.

Questão 14 – “A coloração ficaria mais fraca”. Errada.

4.4.5 Influência da Variação da Concentração no Equilíbrio Químico (Princípio de Le Chatelier)

A questão analisada nesta categoria é:

Pré-teste e pós-teste: 15

Este tema foi bem explorado com analogias e modelos e os estudantes CSP da turma com o uso de analogias e modelos apresentaram um aproveitamento melhor, mas não significativo com uma resposta correta. Os estudantes sem o uso de analogias e modelos não apresentaram respostas corretas.

Exemplo da estudante LT:

Questão 15 – “A $CO_2 + NO$ iria aumentar e a $CO + NO_2$ iria diminuir”.

4.4.6 Representação Gráfica da Variação da Concentração e Velocidade da Reação Química

As questões analisadas nesta categoria são:

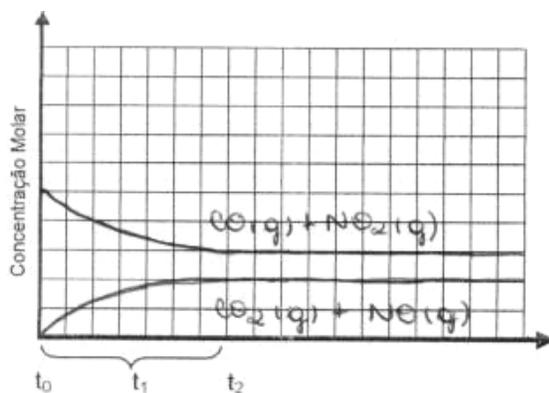
Pré-teste e pós-teste: 8 e 9

Na análise dos resultados obtidos entre o pré e pós-teste verificamos que os estudantes das turmas do SJB demonstraram uma evolução significativa para ambas às questões utilizando analogias e modelos.

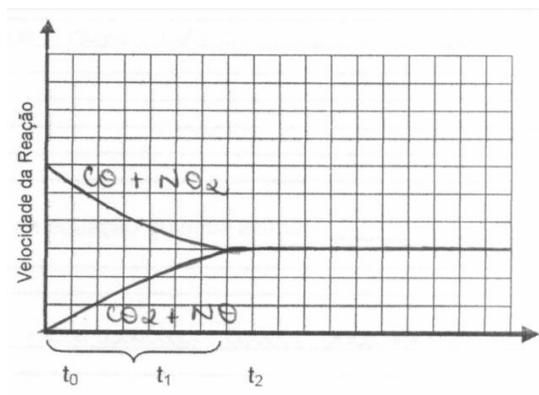
Exemplo da estudante KE:

O estudante KE representa corretamente o comportamento da reação em todos os momentos tanto para o gráfico das concentrações e das velocidades e se preocupa em apresentar corretamente a evolução gradual para reagentes e produtos desde o momento t_0 até t_2 . Na representação gráfica o estudante preocupa-se em identificar as espécies representando-as correta e adequadamente. Além disso, verificamos a coerência entre as respostas das questões da categoria do item 4.3.1 com o gráfico.

Questão 8 –



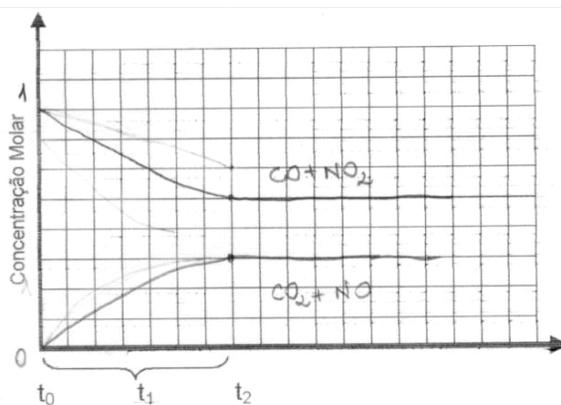
Questão 9 –



Na análise dos resultados obtidos entre o pré e pós-teste verificamos que os estudantes das turmas do CSP demonstraram uma evolução significativa para ambas às questões utilizando analogias e modelos.

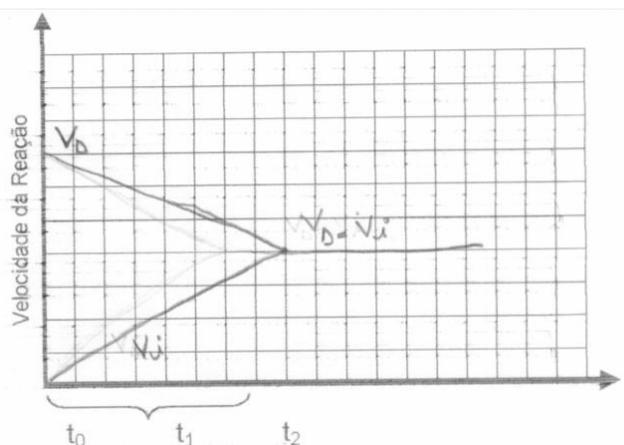
Exemplo da estudante TF:

Questão 8 –



O estudante TF representa corretamente a aproximação gradual do equilíbrio no gráfico das concentrações, identificando as concentrações dos reagentes e dos produtos.

Questão 9 –



No gráfico das velocidades o estudante TF identifica as velocidades direta e indireta de forma correta, mas representa com linhas lineares, ao invés de curvas para a aproximação do equilíbrio de que a velocidade da reação direta diminui e a velocidade da reação inversa aumenta gradualmente.

Observamos que alguns estudantes de forma aleatória acertam a representação gráfica e erram as respostas das questões dos itens 4.3.1 e 4.3.2, e vice e versa o que poderia ser justificado por uma aprendizagem mecânica.

Além disso, verificamos a coerência entre as respostas das questões certas da categoria do item 4.3.1 com o gráfico.

Nesta categoria é importante destacar que muitos estudantes de ambas escolas tiveram influência significativa com o uso de analogias e modelos.

4.4.7 Representação Macroscópica de um Sistema em Equilíbrio Químico

As questões analisadas nesta categoria são:

Pré-teste e pós-teste: 1, 11 e 12.

Na análise dos resultados obtidos entre o pré e pós-teste verificamos que tanto os estudantes das turmas do SJB e os estudantes das turmas do CSP não apresentaram evolução significativa em seu aprendizado para ambas às questões com ou sem o uso de analogias e modelos. Porém alguns estudantes apresentam respostas simples que contemplam satisfatoriamente com o que é esperado.

Exemplo da estudante ML - SJB:

Questão 1 – “A cor teve alteração até a reação atingir o equilíbrio”.

Questão 11 – “Se a temperatura permanece constante a coloração se manterá a mesma”.

Questão 12 – “Continua só que na reação v_1 é igual a v_2 ”.

Exemplo da estudante MA - CSP:

Questão 1 – “Porque aumentou a temperatura”.

Questão 11 – “Sim, pois a temperatura não alterou mais”.

Questão 12 – “Ela continua, porém em equilíbrio químico”.

Nesta categoria a metodologia com o uso de analogias e modelos não apresentou evolução estatisticamente significativa nas duas escolas, mas tal resultado não era esperado, pois a representação macroscópica de acordo

com o nosso ponto de vista foi muito bem trabalhado e explorado na apostila com o uso de analogias e modelos e em sala de aula.

4.4.8 Representação Microscópica de um Sistema em Equilíbrio Químico

As questões analisadas nesta categoria são:

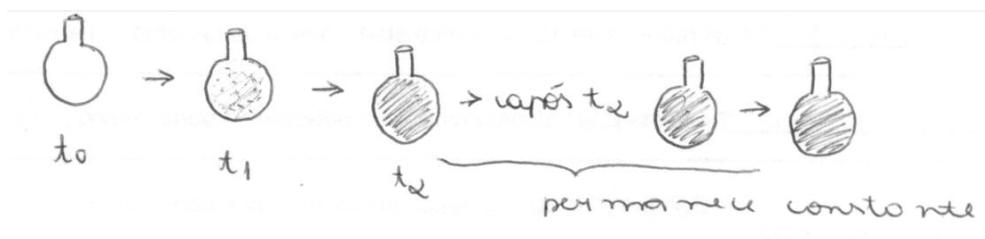
Pré-teste e pós-teste: 16

Na análise dos resultados obtidos entre o pré e pós-teste verificamos que os estudantes das turmas do SJB com uso de analogias apresentaram evolução significativa em seu aprendizado.

Os estudantes KE e DP, cujas respostas foram avaliadas como sendo corretas, representam os reagentes e produtos coexistentes através da intensidade da coloração do sistema, logo não identificando as espécies presentes no sistema. Nas duas representações observamos no momento t_0 um frasco contendo substâncias incolores, no momento t_1 ocorre um aumento da intensidade de cor do sistema e no momento t_2 e após t_2 a coloração chega a sua intensidade máxima, logo observando a seqüência, é possível notar que os estudantes representam um estado de formação de uma nova substância, pois nas representações que se sucedem as colorações dos sistemas se intensificam.

Questão 16 –

Exemplo da estudante KE:



Exemplo da Estudante DP



Na análise dos resultados obtidos entre o pré e pós-teste verificamos que os estudantes das turmas do CSP não apresentaram evolução significativa em seu aprendizado com ou sem o uso de analogias e modelos.

Apresentamos a resposta do estudante MA parcialmente correta. A representação não distingue os reagentes e produtos coexistentes através da intensidade da coloração do sistema, logo não identificando as espécies presentes no sistema. Os diferentes momentos não são identificados de forma clara, identificando somente o momento após t_2 com alteração na coloração o sistema. Neste caso é possível notar que o estudante procura representar os três momentos da reação e formação de uma nova substância.

Exemplo da estudante MA:

Questão 16 –



Nesta categoria era esperado que todos estudantes das turmas sem o uso de analogia e modelos tivessem um aprendizado significativo, pois a eles foram apresentadas três figuras de representação microscópica.

A turma de estudantes que em nossa análise apresentou aprendizagem significativa foi do SJB, porém é importante lembrar que em nossa avaliação consideramos como correta a questão em que o estudante pelo menos representasse os diferentes momentos e a variação da concentração através da variação da intensidade da coloração do sistema.

Entendemos que o uso de analogias e modelos nesta categoria foi satisfatório em função dos resultados obtidos tanto na análise quantitativa e como na qualitativa.

4.4.9 Representação Simbólica

As questões analisadas nesta categoria são:

Pré-teste e pós-teste: 18

Na análise dos resultados obtidos entre o pré e pós-teste verificamos apenas uma pequena evolução com estudantes das turmas do SJB para a abordagem com o uso de analogias e modelos.

Exemplo da estudante KE :

Questão 18 – “Que a reação é reversível”.

Na análise dos resultados obtidos entre o pré e pós-teste verificamos que somente os estudantes das turmas do CSP apresentaram evolução significativa em seu aprendizado sem o uso de analogias e modelos.

Exemplo da estudante GC:

Questão 18 – “Significa que a reação pode ir e voltar, que pode ocorrer a reação inversa, ela acontece simultaneamente para os dois lados”.

Nesta categoria era esperado que todos os estudantes com e sem o uso de analogia e modelos tivessem um aprendizado muito significativo, pois a dupla seta foi trabalhada intensamente em sala de aula, não apresenta grande complexidade para sua compreensão e foi explorada significativamente em ambas as apostilas.

4.4.10 Construção de Analogia ou Modelo para Explicar uma situação de Equilíbrio Químico

A questão analisada nesta categoria é:

Pré-teste e pós-teste: 17

Aos estudantes SJB foi solicitado que destacassem os meios, alternativas ou estratégias para explicar os fenômenos do equilíbrio químico. Era esperado que os estudantes nesta questão apresentassem respostas

mais elaboradas, pois um dos nossos objetivos era que as analogias e modelos contribuíssem para compreensão e formação adequadas dos conceitos científicos no contexto do ensino de Equilíbrio Químico. A seguir apresentamos as respostas dos estudantes MM e ML consideradas corretas.

Exemplo da estudante MM:

Questão 17 – “Como exemplo de equilíbrio eu diria o exemplo de uma balança das antigas que para se saber o peso se fazia um balanceamento com medidas já conhecidas. Tendo então um equilíbrio dos pesos, se fazia as medições. Agora penso isso em uma reação onde tudo o que você tiver de reagente formará um produto em equilíbrio. Mesma quantidade de produto igual a mesma quantidade de reagente.”

Exemplo da estudante ML:

Questão 17 – “Tomaria como exemplo um refrigerante sabor cola. Ao adicionar água ficaria um pouco mais fraco e se tornarmos a colocar mais refrigerante a coloração ficaria mais forte”.

Como era esperado, os estudantes onde foi usada a metodologia com analogias e modelos apresentaram melhor facilidade na formulação das suas próprias analogias.

Para as turmas de estudantes CSP foi proposta uma situação em que com o aumento da temperatura do sistema teríamos a liberação do gás. Todas as respostas apresentadas foram consideradas parcialmente corretas, como podemos observar na resposta da estudante FM quando comenta sobre a “*formação do gás*”.

Exemplo da estudante FM:

Questão 17 – “Quando a temperatura está menor, a formação de bolinhas (gás) é menor. Quando a temperatura aumenta, a liberação das bolinhas é maior e mais forte, pois o calor incentiva a formação do gás. O gelado da água inibe a formação de gás”.

Os estudantes do SJB que utilizaram a metodologia com analogias e modelos corresponderam a expectativa e apresentaram melhor facilidade na formulação das suas próprias analogias. Já, todos os estudantes do CSP apresentaram respostas parcialmente corretas. Provavelmente se justifica o resultado obtido por ser o grupo de estudantes do SJB ser mais motivado (ensino profissionalizante).

CONCLUSÃO

As analogias e modelos estão presentes em nossas vidas diariamente e são utilizadas naturalmente com o objetivo de facilitar a explicação ou compreensão de um tema qualquer. Neste trabalho nos concentramos na sua importância no ensino e aprendizagem do Equilíbrio Químico no nível de ensino médio.

Um breve questionário, tendo como intuito analisar o perfil das turmas, foi aplicado antes do pré-teste e indicou que a maioria dos alunos tem dificuldade em compreender o que são analogias, mas alguns entendem que é uma forma de comparação e todos consideram que os professores, principalmente de físico-química, utilizam analogias. Entre as várias vantagens destacadas do uso de analogia foi verificado, significativamente, que o conteúdo fica mais fácil de entender, visualizar e assimilar. A maioria dos estudantes não enxerga nenhum perigo no seu uso, mas alguns reforçam que depende da maneira que a analogia é utilizada. O questionário também indicou que a turma experimental-SJB apresenta um percentual de alunos que já foram reprovados (33%) nitidamente inferior ao da turma controle (50%) e a turma experimental-CSP apresenta um percentual de alunos que já foram reprovados (11%) nitidamente inferior ao turma controle (66%). Os percentuais demonstram que deveria ter ocorrido influência positiva e melhor rendimento no aproveitamento das turmas controle, o que não ocorreu.

O papel do uso de analogias no ensino foi investigado comparando-se o desempenho relativo de turmas experimentais (usando apostila com analogias) e controle (usando apostila sem o uso de analogias) pertencentes a uma escola profissionalizante e a uma escola de ensino médio tradicional. Os resultados obtidos nas observações realizadas apontam para um desempenho superior na abordagem usando analogias, embora nem todos os conceitos mostrem diferenças estatisticamente significativas. Acreditamos, contudo, que os resultados do uso de analogias como metodologia de ensino em aulas de teoria se mostraram satisfatórios.

Em ambas as escolas, a comparação entre o pré-teste e o pós-teste mostrou que a metodologia com o uso de analogias e modelos apresentou resultados superiores com significância estatística nos conteúdos relativos à representação gráfica de concentração e velocidade, bem como as que tratam da evolução da velocidade em função do tempo. O comportamento da concentração e da velocidade à medida que a reação prossegue parece ser um aspecto no qual o uso de analogias facilita bastante o aprendizado, pois muitas analogias se relacionam precisamente a estes aspectos do equilíbrio químico. Por outro lado, estes aspectos, devido à sua natureza complexa e nem sempre intuitiva, não são muitas vezes compreendidos dentro de uma abordagem tradicional.

O desempenho dos estudantes da escola São João Batista (SJB), usando a abordagem com analogias apresentou nítida superioridade com significância estatística na interpretação conceitual, representação microscópica e construção de analogias demonstrando um perfil científico consistente. Nesta escola, os estudantes apresentavam um perfil de maior motivação, sendo que para estes o estudo da química é inquestionavelmente importante para a sua formação. Na escola CSP, contudo, a importância da química não era tão evidente aos estudantes, e,

para a abordagem usando analogias ser eficaz, talvez fosse necessária uma motivação prévia.

No estudo da influência da variação da temperatura no equilíbrio químico constatamos que não ocorreu uma evolução significativa em ambas às turmas com ou sem o uso de analogias e modelos. O grau de dificuldade para compreensão destes conceitos é muito grande devido a sua complexidade e dependência de conhecimentos prévios sobre termoquímica dificultando a compreensão e interpretação das questões.

Nos aspectos que se referem ao comportamento da reação, seja a concentração ou velocidade em função do tempo, a evolução não foi significativa, pois é possível que, apesar de haver uma maior ênfase na reação inversa por ser considerada mais complexa, estejam sendo negligenciadas as dificuldades da compreensão da reação direta.

As analogias e modelos apresentadas nas apostilas não foram suficientes para os estudantes resolverem conceitualmente as questões propostas sobre o Princípio de Le Chatelier. Este conteúdo merece, portanto, uma abordagem mais cuidadosa provavelmente com o uso, além das analogias, de outros recursos e metodologias.

Houve uma nítida diferença de eficácia do uso de analogias entre as turmas da Escola Técnica São João Batista (SJB) e do Colégio Sinodal Progresso (CSP). No primeiro caso a evolução obtida usando analogias é significativamente maior que na turma controle. Na outra escola, a diferença entre as turmas experimental e controle é muito mais modesta. Uma justificativa aceitável para explicar estas diferenças de rendimento pode ser a motivação que os estudantes da escola SJB possuem por serem uma turma do ensino profissionalizante em química de nível médio ao passo que os estudantes da escola CSP são do ensino médio regular. Para ocorrer uma aprendizagem significativa entendemos que é necessário que o

estudante se disponha e esteja motivado a fazer as relações necessárias do conteúdo apresentado com seus subsunçores. Neste aspecto, as analogias se apresentaram mais eficazes nas turmas do SJB, para os quais o estudo da química é considerado importante para a formação. Para aumentar a eficácia do uso de analogias em turmas onde esta consciência da importância da química não existe, é necessário um trabalho de motivação prévia.

Finalmente, é importante que o professor tenha consciência e estratégia adequada quando utilizar analogias e modelos, pois é possível que, ao invés de serem meios facilitadores de aprendizagem, funcionam ao contrário, confundindo e dificultando a aprendizagem.

Também é preciso que haja um esforço continuado no sentido de influenciar o desenvolvimento curricular e as práticas pedagógicas sobre o uso de analogias e modelos, sem jamais esquecer que, há necessidade de se investir no professor, cuja resistência e dificuldade de aprendizagem nesta área podem ser bem maiores do que as do estudante.

Portanto, o uso de analogias e modelos como recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem pode ser uma forma de auxiliar os professores e alunos, propiciando acesso a conceitos complexos e contribuindo, também, para a motivação e para a contextualização significativa necessária para a aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, David P. **Psicologia Educativa, um ponto de vista cognoscitivo**. México: Editora Trillas, 1978.

ATKINS, P., JONES, L. **Princípios de Química**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2000.

BACHELARD, Gaston. **A Formação do Espírito Científico: Contribuição para uma Psicanálise do Conhecimento**. Tradução: Estela dos Santos Abreu, Contraponto, Rio de Janeiro – RJ, 2001.

BAUAB, Tabata. Organizadora. **Material Modular Positivo. Cinética e Equilíbrio Químico**. Curitiba: Gráfica e Editora Posigraf S. A., 2004.

BAUER, Martin W.; GASKELL, George. **Pesquisa Qualitativa com Texto, Imagem e Som**. Tradução: Pedrinho A. Guareschi. Petrópolis: Editora Vozes, 2002.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora, 1994.

DAGHER, Z. R. **Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education**. Science Education, 79(3), p. 295–312, 1995.

DUIT, R. **On the role of analogies and metaphors in learning science**. Science Education, 75(6), p. 649–672, 1991.

FABIÃO, Luís Samuel; DUARTE, Maria da Conceição. **Dificuldades de produção e exploração de analogias: um estudo no tema equilíbrio químico com alunos/futuros professores de ciências**. Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciências. Vol. 4 N° 1, 2005.

FELTRE, Ricardo. **Físico-Química**. Vol. 2, 4 ed. São Paulo: Editora Moderna, 1995.

FELTRE, Ricardo. **Físico-Química**. Vol. 2, 4 ed. São Paulo: Editora Moderna, 2000.

FERRAZ, Daniela Frigo; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. **Uso espontâneo de analogias por professores de biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação?**. *Ciência & Educação*, v. 9, n° 2, p. 213-227, 2003. Disponível em: <<http://www.fc.unesp.br/pos/revista/pdf/revista9num2/a5r9v2.pdf>> Acessado em: 27 ago. 2004.

HARRISON, Allan G.; TREAGUST, David F. **Teaching with Analogies: A case study in grade-10 Optics**. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 30, n. 10, p. 1291–1307, 1993.

HARRISON, Allan G.; TREAGUST, David F. **Science analogies: avoid misconceptions with this systematic approach**. *The Science Teacher, Normal*, n.61, p. 40-43, 1994.

LEMBO, Antonio. **Química – Realidade e Contexto. Editora**. São Paulo: Editora Ática, 1999.

LÜDKE, Menga, ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, Andréa Horta; ARAGÃO, Rosália Maria Ribeiro. **Como os Estudantes Concebem o Estado de Equilíbrio Químico**. *Química Nova na Escola*, n° 4, p. 18-20, 1996.

MILAGRES, Vânia S. O.; JUSTI, Rosária S. **Modelos de Ensino de Equilíbrio Químico**. *Química Nova na Escola*, n° 13, 2001.

MÓL, Gerson de Souza. **O Uso de Analogias no Ensino de Química**. Brasília, 1999. Tese (Doutorado em Química), Instituto de Química, Universidade de Brasília, 1999.

MONTEIRO, Ivone Garcia; JUSTI, Rosária S. **Analogias em Livros Didáticos de Química Brasileiros Destinados ao Ensino Médio**. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 2, 2000. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>> Acessado em: 27 ago. 2004.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1999.

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Minas Gerais: Editora UFMG, 2000.

NAGEM, Ronaldo Luiz; FIGUEROA, Ana Maria Senac; SILVA, Cinthia Maria Gomes; CARVALHO, Ewaldo Medo de. **Analogias e Metáforas no Cotidiano do Professor**. 1997. Disponível em: <<http://www.anped.org.br/26/outrostextos/mc08ronaldonagem.doc>> Acessado em: 27 ago. 2004.

ORLANDI, Claudia Carobin. **Um estudo sobre a utilização de simulações computacionais no ensino de equilíbrio químico**. Canoas: ULBRA, 2004. Dissertação (Mestrado em Educação de Ciências e Matemática), Universidade Luterana do Brasil, 2004.

PEREIRA, Mariana P. B. A. **Dificuldades de Aprendizagem I – Revisão de Opiniões Não Apoiadas por Pesquisa**. Química Nova, vol. 12, n. 1, p. 76-81, 1989.

PEREIRA, Mariana P. B. A. **Dificuldades de Aprendizagem II – Uso de Analogias e Modelos**. Química Nova, vol. 12, n. 2, p. 182-187, 1989a.

PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leito do. **Química na abordagem do cotidiano**. Vol 2, 2 ed. São Paulo: Editora Moderna, 1998.

RUSSEL, John B. Química Geral. Vol. 2, São Paulo: Makron Books, 1994.

WONG, E. D. **Understanding generative capacity of analogies as a tool for explanation**. Journal of Research in Science Teaching, vol. 30, n.10, p. 1259–1272, 1993.