

AS ANALOGIAS NO ENSINO DE CONTEÚDOS CONCEITUAIS DE FÍSICA

Leandro Londero da Silva [llondero@bol.com.br]¹

Eduardo A. Terrazzan [eduterra@ce.ufsm.br]²

Núcleo de Educação em Ciências, Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria
Campus Universitário Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS

RESUMO

O presente trabalho é parte de uma pesquisa que objetiva estudar as contribuições e as limitações do uso de Atividades Didáticas Baseadas em Analogias no ensino de conteúdos conceituais de Física. Sendo assim, consideramos a preocupação em avaliar a influência das analogias na aprendizagem dos alunos. Os resultados obtidos mostram que o significado que cada aluno adquiriu dos conceitos foi formado a partir do conjunto de relações analógicas que estabeleceu. Não podemos afirmar que os alunos compreenderam os conceitos. Contudo, permanecem idéias recém construídas na estrutura cognitiva, que podem facilitar futuras aprendizagens. Os resultados que possuímos não nos permitem afirmar que os baixos índices de aproveitamento dos alunos em algumas tarefas são devido a uma deficiência conceitual. Outro fator que pode estar relacionado é uma deficiência procedimental, em virtude da carência de procedimentos que não foram suficientemente ensinados, entre eles: estabelecer relações, levantar hipóteses, identificar, escrever, etc.

Palavras-chave: analogias, ensino de ciências, conteúdos conceituais, aprendizagem de conceitos.

ABSTRACT

The present paper is part of a research that have as objective to study the contributions and the limitations of the use of Didactic Activities Based on Analogies in the teaching of conceptual contents of Physics. Thus, we consider the concern in evaluating the influence of the analogies in the learning of the students. The results obtained showed that the meaning that each students acquired of the concepts was formed from the set of analogical relations established. We cannot affirm that the students had understood the concepts. However, it remains constructed ideas in the cognitive structure, that can make easy future learnings. The results that we have not allow us to affirm that the low marks of utilization of the students in some tasks must happen due to a conceptual deficiency. Another factor that can be related is a procedural deficiency, in virtue of the lack of procedures that had not been taught enough, between them: to establish relations, to raise hypotheses, to identify, to write, etc.

Keywords: analogies, science education, conceptual contents, learning of concepts.

¹ Aluno do Programa de Pós-Graduação em Educação/CE/UFSM

² Professor Adjunto do Centro de Educação e do Programa de Pós-Graduação em Educação/UFSM

1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A História da Ciência está repleta de situações onde o pensamento analógico faz-se presente no entendimento de fenômenos não observáveis. As várias contribuições das analogias na explicação de teorias científicas envolvem distintas formas de construção e uso delas. De modo geral, filósofos da ciência e historiadores registraram muitas situações onde o pensamento analógico faz-se presente.

No âmbito específico da Didática das Ciências, há algum tempo já se manifesta a preocupação em avaliar a influência do uso das analogias na aprendizagem dos alunos. Desde então, são diversas as investigações que têm tratado de avaliar a efetividade deste tipo de recurso para o Ensino de Ciências.

Para os interesses da presente pesquisa, uma analogia é definida como uma comparação entre dois conceitos/fenômenos/assuntos que mantém uma certa relação de semelhança entre ambos. Sendo assim, os elementos que constituem uma analogia são: o *análogo* (representa o conhecimento já familiar, é aquele onde há diferenças bem nítidas), o *alvo* (representa o conhecimento desconhecido) e as *relações analógicas* (conjunto de relações que se estabelecem, sejam elas de semelhança ou de diferença, permitindo a compreensão/entendimento do alvo).

No ensino, a utilização de analogias possibilita a construção de conceitos científicos, considerando aquele numa perspectiva construtivista. Portanto, seu uso favorece a compreensão/entendimento de conteúdos que na maioria dos casos são considerados difíceis pelos alunos.

Nosso foco de estudo centra-se na função explicativa das analogias para o ensino de conteúdos conceituais de física, ou seja, quando elas cumprem a função de assimilar novos conteúdos em termos de coisas conhecidas, evitando que estes novos conteúdos resultem estranhos aos alunos. Neste sentido, é fundamental explicitarmos, com base na literatura disponível, nosso entendimento de conteúdos conceituais.

2 – AS ANALOGIAS COMO POSSIBILIDADE PARA O ENSINO DE CONTEÚDOS CONCEITUAIS

O termo “conteúdos”, de acordo com Zabala (1998), refere-se aquilo que se deve aprender (conceitos, princípios, enunciados, teoremas). No entanto, este autor afirma que devemos nos desprender do termo “conteúdos” e entendê-lo como tudo quanto se tem que aprender para alcançar determinados objetivos que não apenas abrangem as capacidades cognitivas, como também incluem as demais capacidades.

Desta forma, os conteúdos não estão restritos às contribuições das disciplinas tradicionais. Sendo assim, também podemos considerar como conteúdos todos os que possibilitem o desenvolvimento de capacidades motoras, afetivas, de relações interpessoais e de inserção social.

Zabala (1998) cita a proposta de Coll (1986) em agrupar os conteúdos segundo uma tipologia de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, afirmando que os conceitos e os princípios, ambos presentes dentro da tipologia de conteúdos conceituais, são termos abstratos. Para Zabala (1998) os conceitos se referem ao conjunto de fatos, objetos ou símbolos que têm características comuns, e os princípios se referem às mudanças que se produzem num fato, objeto ou situação em relação a outros fatos, objetos ou situações e que normalmente descrevem relações de causa-efeito ou de correlação. São exemplos de conceitos: mamífero, densidade, impressionismo, potência, etc. Como exemplo de princípios podemos citar: as leis ou regras como a de Arquimedes, as normas ou regras de uma corrente arquitetônica ou as conexões que se estabelecem entre diferentes axiomas matemáticos, etc.

De um ponto de vista educacional, Zabala (1998) afirma que estes dois tipos de conteúdos nos permitem tratá-los conjuntamente, já que ambos têm como denominador comum a necessidade de compreensão, que vai muito além da reprodução de enunciados mais ou menos

literais. Ainda, para este autor uma característica dos conteúdos conceituais é que a aprendizagem quase nunca pode ser considerada acabada.

2.1 – A aprendizagem de conteúdos conceituais

Na compreensão de Pozo (2000) os fatos e os conceitos são adquiridos mediante processos de aprendizagem distintos. Para ele os fatos e os dados são aprendidos de modo memorístico e baseiam-se numa atitude ou orientação passiva em relação à aprendizagem, sendo uma reprodução literal do material de estudo. No sentido contrário, a aprendizagem de conceitos baseia-se na aprendizagem significativa, consiste em compreender esse material incorporando-o a estruturas conceituais com significado, que requer uma atitude ou orientação mais ativa, na qual o aluno deve ter mais autonomia da definição de seus objetivos, suas atividades e seus fins, portanto um processo de elaboração pessoal.

Além disso, um aluno aprende um conceito quando é capaz de dotar de significado um material ou uma informação obtida, ou seja, quando compreende esta informação, em que segundo a concepção de Pozo (2000) compreender seria traduzir algo para as suas próprias palavras.

Algumas diferenças entre fatos/dados e conceitos em relação à aprendizagem encontram-se na tabela abaixo:

Tabela 1 – Algumas diferenças entre fatos/dados e os conceitos em relação à aprendizagem

	Aprendizagem de fatos/dados	Aprendizagem de conceitos
Consiste em	Cópia literal	Relação com conceitos anteriores
É alcançada por	Repetição (aprendizagem memorística)	Compreensão (aprendizagem significativa)
É adquirida	De uma só vez	Gradualmente
É esquecida	Rapidamente caso não haja revisão	Mais lenta e gradualmente

Sendo assim, percebemos que os conteúdos conceituais são aprendidos através de relações entre estes e os conhecimentos obtidos previamente. Portanto, o uso de analogias é uma possibilidade para o ensino de tais conceitos, visto que, utiliza situações já familiares aos estudantes.

Neste sentido, partimos da premissa que os conceitos científicos estão relacionados a outros conceitos, sendo que seu significado provém, em grande escala, da sua relação com estes outros conceitos, ou seja, para compreendermos um conceito é necessário estabelecermos relações significativas com outros conceitos.

Ressaltamos que todo conteúdo conceitual sempre está ligado a outros e, sendo assim, será aprendido junto com conteúdos de outra natureza, sejam eles procedimentais ou atitudinais. Com isso, a avaliação do conhecimento conceitual requer do aluno alguns procedimentos, tais como escrever, relacionar, classificar, etc.

Pozo (2000) nos esclarece que quando a ênfase está na aprendizagem de conceitos, é conveniente que as atividades de ensino se baseiem em procedimentos que os alunos já conheçam ou dominem.

A idéia principal para promover a aprendizagem significativa seria, segundo Pozo (1998), levar em consideração os conhecimentos factuais e conceituais que o aluno já possui, bem como

os procedimentos e atitudes. Cabe agora ressaltarmos as condições ou requisitos necessários para que haja uma aprendizagem significativa.

2.2 – Condições da Aprendizagem Significativa de Conceitos

De forma breve, podemos dizer, a partir das idéias de Ausubel e Novak (1978), que a aprendizagem significativa é um processo no qual o que aprendemos é o produto da informação nova com base no que já sabemos, ou seja, assimilamos ou integramos as novas informações aos nossos conhecimentos anteriores. Neste processo ativamos um esquema, modelo ou conceito relacionado ao conteúdo para compreendermos as informações novas que nos são passadas. Dessa maneira, aprendemos significados, modificando as nossas idéias como resultado de interações com as novas informações obtidas.

São características da aprendizagem significativa: a) esforço deliberado para relacionar os novos conhecimentos com conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva; b) orientação para aprendizagens relacionadas com experiências, fatos ou objetos; c) envolvimento afetivo para relacionar os novos conhecimentos com aprendizagens anteriores.

Pozo (2000), a partir das idéias de Ausubel e Novak (1978), resume as condições fundamentais para que se produza uma aprendizagem significativa, o qual separa em duas condições, são elas: a do material de aprendizagem e a dos alunos.

Para a compreensão do material é necessário que este possua uma organização conceitual interna, ou seja, não se constitua em uma lista arbitrária de elementos justapostos. Pozo (2000) argumenta que somente poderão ser compreendidos os materiais que estiverem organizados, ou seja, nos quais cada parte do material tenha uma conexão lógica ou conceitual com o restante das partes. No entanto, esta condição não pode ser considerada isoladamente das características dos alunos. Para que haja uma aprendizagem significativa, é necessário que o aluno relacione o material de aprendizagem com os conhecimentos que já dispõem (conhecimentos pessoais).

Em relação aos conhecimentos pessoais Pozo (2000) afirma que estes são construções pessoais dos alunos, sendo elaborados de modo espontâneo na sua interação cotidiana com o mundo e que muitos deles são anteriores à instrução escolar.

Ressaltamos, ainda, que a predisposição para a compreensão é um fator extremamente relevante para a aprendizagem significativa. O aluno deve esforçar-se para relacionar a nova informação com o conhecimento pessoal que possui, o que no nosso ver esta diretamente relacionado ao uso de analogias.

Dessa forma, é fundamental que o aluno procure o significado da tarefa, relacionando-a com seus conhecimentos pessoais, mas também que tente compreender o que está aprendendo, descobrindo o que está relacionado com o que vê e com o que o cerca.

A compreensão de conceitos requer que o aluno aproxime-se de tarefas, de certos tipos de atividades ou procedimentos, entre eles: comparar, relacionar alguns conceitos com outros, representá-los mediante imagens e esquemas, escrever.

Dado que estamos interessados no uso de analogias para o ensino de conteúdos conceituais, na próxima seção destacamos as questões que nortearam este trabalho.

3 – PROPÓSITOS DO TRABALHO E QUESTÕES NORTEADORAS

O presente trabalho é parte de nossa pesquisa que objetiva *estudar as contribuições e as limitações do uso de Atividades Didáticas Baseadas em Analogias para o ensino de conteúdos conceituais de Física no Ensino Médio.*

Sendo assim, consideramos a preocupação em avaliar a influência das analogias na aprendizagem dos alunos. Neste contexto é que insere-se nosso trabalho, tendo como problema: *Que características tornam as analogias mais eficientes na compreensão de conteúdos conceituais de Física por estudantes?*

Definimos algumas questões relevantes que permearam este estudo. São elas:

- a) *Em que medida, as situações análogas apresentadas aos alunos, em atividades de ensino, podem ser consideradas familiares?*
- b) *Que tipos de correspondências são estabelecidas entre análogos e alvos pelos alunos? De que forma explicitam os limites de validade das analogias utilizadas? Em que medida, os alunos aproximam-se de nossas expectativas?*
- c) *Qual o grau de elaboração de sínteses conclusivas sobre a situação alvo?*

Neste trabalho, estaremos relatando e discutindo as implementações ocorridas em salas de aula, especificamente, das atividades didáticas baseadas em analogias elaboradas para o ensino de circuito elétrico simples. Selecionamos este item curricular pela possibilidade de confrontarmos 03 analogias que utilizam análogos distintos.

Sendo assim, percorremos alguns caminhos até chegarmos às implementações em salas de aula para respondermos as questões norteadoras. No próximo item tecemos comentários sobre os passos de desenvolvimento da pesquisa, os sujeitos e locais de realização, bem como os instrumentos de coleta de informações (usos e funções).

4 – DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

Num primeiro momento, elaboramos atividades didáticas baseadas em analogias seguindo as diretrizes, para a utilização coerente de analogias em sala de aula, propostas na versão modificada do modelo TWA (Teaching with Analogies), inicialmente proposto por Shawn M. Glynn, sugeridas posteriormente por Harrison e Treagust (1993), porque ele é relativamente simples em relação a outros (pela quantidade de passos previstos) e também porque considera essencial para a utilização de analogias como recurso didático não só a compreensão das similaridades possíveis, como também a dos limites de validade.

Além disso, este modelo nos possibilita, junto aos alunos, a realização de tarefas de estabelecimento de correspondências entre alvo e análogo, de identificação de limites de validade da analogia e de esboço de uma síntese conclusiva sobre a situação alvo. Segundo o modelo TWA, deve-se procurar seguir os seis passos abaixo, são eles: 1) introdução da “situação alvo” a ser ensinada; 2) introdução da “situação análoga” a ser utilizada; 3) identificação das características relevantes do “análogo”; 4) estabelecimento das similaridades entre o “análogo” e o “alvo”; 5) identificação dos limites de validade da analogia; 6) esboço de uma síntese conclusiva sobre a “situação alvo”.

Em continuidade, procuramos responder a primeira questão norteadora. Para tanto, contamos com a colaboração de dois professores da rede de ensino do Rio Grande do Sul. Um professor da cidade de Candelária e uma professora da cidade de Santa Maria, onde, posteriormente, implementamos as atividades didáticas. Além destes professores as atividades foram implementadas pelo do professor-pesquisador autor deste trabalho em duas escolas de Santa Maria.

Sendo assim, tendo em vista que a familiaridade da situação análoga não deve ser considerada *a priori* pelo professor como sendo plenamente conhecida pelos alunos, mesmo que esta situação faça parte do cotidiano deles (Duit, 1991), submetemos 112 alunos de 3ª série de 04 escolas de Ensino Médio, 03 de Santa Maria/RS e outra de Candelária/RS a um questionário escrito, mediante o qual deveriam indicar se as situações indicadas no mesmo lhes eram familiares ou não e apontar justificativas para isso. O questionário englobou uma variedade de situações que costumam ser utilizadas no ensino com analogias para introduzir a aprendizagem de diversos conceitos/fenômenos.

Após, passamos à preparação dos professores colaboradores, para posterior implementação das atividades didáticas em sala de aula, sendo que os encontros com os professores ocorriam em diferentes locais.

A preparação do Prof. ALE ocorreu na cidade de Candelária, onde a escola em que ministra as aulas se localiza. Finalmente, o encontro com a Profa. ET aconteceu na escola onde a professora ministrava suas aulas, em horários nos quais não estava em frente ao aluno.

Concluída a etapa anterior, passamos à implementação em sala de aula das Atividades Didáticas Baseadas em Analogias. Foram utilizados como instrumentos para a realização da análise das implementações e das atividades a produção escrita dos alunos durante as aulas.

A produção escrita dos alunos refere-se ao preenchimento de fichas, entregues durante o desenvolvimento das atividades didáticas em sala de aula, pelos alunos, relacionadas aos passos 4, 5 e 6 do modelo TWA.

Com as produções respondemos as duas últimas questões norteadoras.

Utilizamos também, a videogravação das aulas ministradas para registrarmos a forma de trabalho com as Atividades Didáticas Baseadas em Analogias implementadas com o intuito de analisarmos a prática encaminhada pelos professores durante o ensino.

Após algumas considerações sobre os instrumentos utilizados avançaremos na discussão detalhada dos diferentes casos que nos interessa mostrar, colocando as respostas ao questionário, a produção dos alunos.

5 – RESULTADOS

5.1 – Quanto ao grau de familiaridade dos alunos com os análogos utilizados

Os quadros 1, 2, 3 e 4 apresentam os índices, absolutos e percentuais, das situações que foram consideradas como familiares e as que não o foram. Separamos as informações obtidas por turma, de cada professor implementador, em virtude de tais índices condicionarem a escolha da atividade a ser implementada na respectiva turma.

Quadro 1 – Grau de familiaridade com as situações análogas na turma do Prof. ALE

Número de Ordem	Situações Análogas	Familiar		Não Familiar	
		Quantidade	%	Quantidade	%
01	Circuito Hidráulico	17	89,5	02	10,5
02	Malha/Sistema Ferroviário	08	42	11	58
03	Sistema Circulatório/Sanguíneo	17	89,5	02	10,5

Observando o Quadro 1 percebemos que 89,5% dos alunos desta turma consideram como familiar um circuito hidráulico. Este índice talvez possa ser explicado em virtude destes alunos residirem numa localidade rural, onde a agricultura é o principal produto comercial da região, consecutivamente estão familiarizados com métodos de irrigação.

Quanto a familiaridade com um sistema ferroviário, 58% dos alunos responderam que esta situação não é familiar. Este índice talvez também possa ser explicado pelo mesmo fator mencionado acima, ou seja, a inexistência deste tipo de transporte na região onde vivem os alunos.

Surpreende-nos o fato de 10,5% não considerarem como familiar o sistema circulatório. Uma provável justificativa para este índice deve-se em virtude dos alunos não terem estudado em séries anteriores este tópico curricular ou não lembram do mesmo.

Na turma do Prof. ALE optamos, com base nos índices obtidos, por implementar a analogia que possui como análogo um circuito hidráulico. O Quadro 4 apresenta os índices, absolutos e percentuais, das situações que foram consideradas como familiares e as que não o foram na turma da Profa. ET.

Quadro 2 – Grau de familiaridade com as situações análogas na turma da Profa. ET

Número de Ordem	Situações Análogas	Familiar		Não Familiar	
		Quantidade	%	Quantidade	%
01	Circuito Hidráulico	13	45	16	55
02	Malha/Sistema Ferroviário	23	79,5	06	20,5
03	Sistema Circulatório/Sanguíneo	27	93	02	07

Os índices contidos no Quadro 2 mostram que 55% dos alunos não consideram como familiar um circuito hidráulico. Aqueles que o consideram associam-no a outras situações tais como o ciclo d'água numa usina hidroelétrica, o sistema de direção hidráulica de um carro, como pode ser percebido nos respostas transcritas abaixo.

“Uma hidrelétrica, a água faz gerar energia elétrica (com o impécto d’agua)” (J. D.)

“Um sistema de direção hidráulica de carros, e pelo prefixo hidro deve ser algo com água”. (M. M)

“Imagino que seja o ciclo por onde passa a agua em uma usina hidráulica”. (C. C)

Em relação ao sistema ferroviário, a grande maioria da turma, 79,5%, considerou tal situação como familiar. Esta porcentagem pode ser justificada pelo fato dos alunos residirem em uma cidade que já possui este meio de transporte, e que teve uma importância significativa na região, sendo o primeiro grande recurso meio econômico da cidade.

No que tange a familiaridade dos alunos com respeito ao sistema circulatório, como era de se esperar, os índices mostram que 93% consideram esta situação familiar como pode ser verificado nos trechos reproduzidos abaixo.

“...composto por vasos e veias, que saem do coração passam por todo o corpo e voltam ao coração”. (E. A. N)

“Um conjunto de líquidos contendo glóbulos brancos e vermelhos trabalhando em grande sintonia...” (D.C.)

Ainda a respeito das justificativas para a familiaridade do sistema circulatório alguns alunos associam esta situação a outras analogias tais como: *“um labirinto tendo que percorrer várias direções” (G. Q.); “um circuito hidráulico” (M.G.); “ um circuito de fórmula 1”. (C. M.)*

Embora, na turma da Profa. ET, os alunos tenham um alto índice de familiaridade com o análogo *sistema circulatório*, optamos por implementar a analogia que possui como análogo um sistema ferroviário que também obteve um índice elevado, 79,5%. Os Quadros 5 e 6 referem-se aos índices, absolutos e percentuais, das situações que foram consideradas como familiares e as que não o foram nas turmas do Prof. LLS.

Quadro 3 – Grau de familiaridade com as situações análogas na 1ª turma do Prof. LLS

Número de Ordem	Situações Análogas	Familiar		Não Familiar	
		Quantidade	%	Quantidade	%
01	Circuito Hidráulico	20	54	17	46
02	Malha/Sistema Ferroviário	14	38	23	62
03	Sistema Circulatório/Sanguíneo	36	97,5	01	2,5

Os índices, absolutos e percentuais, de familiaridade com o análogo *circuito hidráulico* não tiveram uma variação muito distante, sendo que, uma quantidade expressiva de alunos, 46%, considerou o análogo não familiar.

Nossa expectativa inicial é que os alunos desta turma apresentassem alto índice de familiaridade com o análogo *sistema ferroviário*, assim como na turma da Profa. ET, em razão da escola estar localizada na mesma cidade, o que não foi confirmado. Todavia, o análogo *sistema circulatório* obteve o maior grau de familiaridade junto aos alunos com este análogo, entre as turmas investigadas. Este fato nos levou a implementar a respectiva analogia nesta turma. Finalizando a primeira etapa de nossa investigação, passamos a informar valores obtidos na segunda turma do Prof. LLS.

Quadro 4 – Grau de familiaridade com as situações análogas na 2ª turma do Prof. LLS

Número de Ordem	Situações Análogas	Familiar		Não Familiar	
		Quantidade	%	Quantidade	%
01	Circuito Hidráulico	05	18,5	22	81,5
02	Malha/Sistema Ferroviário	23	85	04	15
03	Sistema Circulatório/Sanguíneo	23	85	04	15

Na segunda turma do Prof. LLS percebemos que 81,5% dos alunos não consideram o circuito hidráulico como familiar. Os índices relativos a este análogo divergiram consideravelmente em relação às outras turmas. Os valores obtidos para as outras duas situações análogas coincidiram nesta turma, sendo que, 85% consideram como familiar os análogos *sistema ferroviário* e *sistema circulatório*. Reproduzimos abaixo a fala de um aluno como exemplo de justificativa para sua familiaridade com o sistema ferroviário.

“Eu já vi de perto. Lá na estação ferroviária. Os vagões parados nos trilhos. Em Santa Maria não muito usado por pessoas, mas em POA sim tem o metrô, lá em São Paulo também usam mais até o metrô.” (J. F. R)

Na turma do Prof. LLS optamos por implementar a analogia que possui como análogo um sistema ferroviário.

Com base nas respostas, verificou-se que os alunos geram analogias, comparando as situações apresentadas com outras. O que muda de um aluno para outro são as analogias estabelecidas, como nas justificativas apresentadas para o sistema circulatório na turma da Prof. ET.

Com base nos índices obtidos, podemos inferir que embora algumas situações análogas não sejam, em determinadas regiões, do conhecimento dos alunos, em outras regiões tais situações podem ser, o que evidencia ser uma tarefa do professor verificar junto aos seus estudantes quais análogos convém serem utilizados em um determinado contexto de ensino.

Respondida a primeira questão norteadora, passamos agora a análise das implantações ocorridas nas turmas dos professores colaboradores.

5.2 - Quanto às correspondências estabelecidas, os limites identificados e as sínteses elaboradas

Visando responder às duas últimas questões norteadoras, passamos a implementar as Atividades Didáticas Baseadas em Analogias em sala para, com isso, procedermos às análises das implementações.

Apresentamos abaixo os resultados obtidos das implementações ocorridas por atividade didática, e dentro destas daremos ênfase, para respondermos as duas últimas questões

norteadoras, aos seguintes aspectos: 1) grau de estabelecimento de correspondências entre alvo e análogo; 2) grau de identificação dos limites de validade da analogia; 3) grau de elaboração de sínteses conclusivas sobre a situação alvo e 4) grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo professor implementador.

5.2.1 – Atividade Didática 01 – Circuito Elétrico/Circuito Hidráulico

A primeira analogia *Circuito Elétrico/Circuito Hidráulico* foi implementada pelo Prof. ALE. Analisando as produções escritas, constatamos que a maioria dos alunos estabeleceu metade das correspondências entre alvo e análogo.

As correspondências estabelecidas, pela maior parte dos alunos, foram aquelas que se referem apenas aos componentes estruturais, sendo que os mesmos não as percebem como relações que possuem as mesmas funções em ambos os circuitos. As correspondências estabelecidas encontram-se listas no quadro abaixo.

Quadro 5 – Correspondências estabelecidas pelos alunos do Prof. ALE

Circuito Hidráulico	Circuito Elétrico
Cano	Fio
Bomba	Bateria/pilha
Torneira	Lâmpada
Registro	Interruptor

Um aluno mencionou que o circuito elétrico ocorre em qualquer posição, já o circuito hidráulico deve ser apresentado na vertical. No entanto, este aluno não verbaliza este aspecto como relacionado à energia potencial gravitacional.

No que tange as limitações da analogia, grande parte dos alunos não conseguiu mencionar pontos falhos na comparação. Os alunos que o fizeram, sugeriram limites diferentes daqueles presentes na atividade, são eles:

“Não enxergamos a corrente elétrica, já a água pode ser vista.” (P. F)

“A torneira fornece maior/menor pressão, a lâmpada fornece maior/menor luminosidade.” (P. F)

“No sistema elétrico há transformação de energia, no hidráulico, não.” (P. F)

Nas sínteses conclusivas sobre a situação alvo, percebemos que grande parte dos alunos apenas mencionou os componentes do circuito elétrico sem especificar suas funções.

Verificou-se que muitos alunos permaneceram, ao final do processo, com a concepção de consumo de energia na lâmpada, como pode ser constatado em uma das produções reproduzida abaixo.

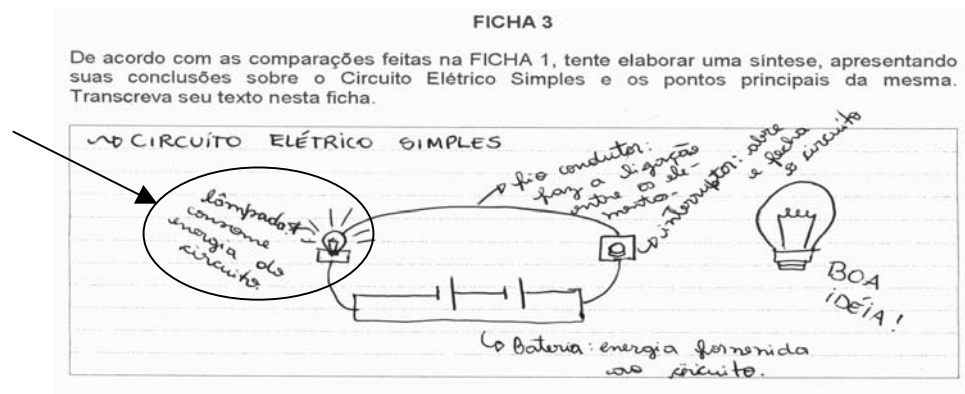


Figura 1 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno AR

Outro aspecto relevante de ser registrado é o fato de dois alunos elaborarem suas sínteses conclusivas com base na analogia utilizada, mencionando parte das relações de semelhança existentes, como pode ser visualizado numa das produções reproduzida a seguir.

FICHA 3		
Nome: <u>y e</u>	Turma: <u>3º B</u>	Nº: <u>13</u>
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Circuito Elétrico Simples e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p><i>Eu entendi que um circuito elétrico pode ser comparado com um circuito hidráulico. Onde: o fluxo de água corresponde a corrente elétrica, as canos correspondem os fios, o registro de água corresponde ao interruptor, a torneira corresponde ao resistor e a bomba corresponde a fonte.</i></p>		

Figura 2 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno JC

Estes fatos, descritos acima, podem se tornar um obstáculo ao avanço da aprendizagem na medida que, no primeiro caso, o aluno estará levando consigo uma idéia errônea, e no segundo fixando mais o análogo do que o alvo. Neste sentido é fundamental que o professor execute o sexto passo do modelo TWA, ou seja, realize um fechamento da atividade retomando os aspectos principais do alvo.

Com base na vídeo-gravação realizada, podemos inferir que o baixo índice de aproveitamento talvez possa ser atribuído ao contemplamento parcial dos passos 2 e 3 do modelo TWA pelo Prof. ALE. Além disso, outro fator que poderia explicar tal índice refere-se ao fato desta implementação ser uma das primeiras implementadas pelo professor e com os alunos.

A seguir, descrevemos os resultados obtidos da implementação da analogia circuito elétrico/sistema ferroviário.

5.2.2 – Atividade Didática 02 – Circuito Elétrico/Sistema Ferroviário

À analogia *Circuito Elétrico/Sistema Ferroviário* foi implementada pela Profa. ET e pelo Prof. LLS. Primeiramente relatamos as ocorrências na implementação da Profa. ET.

Analisando as produções escritas dos alunos, constatamos que grande maioria destes tiveram dificuldades em estabelecer as correspondências entre o “análogo” e o “alvo”, *NÃO* as identificando.

Contrariamente ao que estava planejado inicialmente, não houve participação dos alunos na identificação dos limites de validade da analogia utilizada. Apenas a professora expôs tais limites, pois os alunos não sugeriram nenhum ponto falho para a analogia.

Nesta turma identificamos dificuldades, por parte dos alunos, na elaboração da síntese conclusiva sobre a “situação alvo”. As sínteses elaboradas carecem de argumentação e de justificativas. Isto pode ser explicado pelo fato dos alunos não terem estabelecido as correspondências e os limites de validade, ou não terem compreendido a analogia utilizada.

O baixo índice de aproveitamento, dos alunos, nesta implementação pode ser justificado, também, em virtude do *NÃO* contemplamento de grande parte dos passos do modelo TWA.

Como o análogo foi considerado familiar pelos alunos, a professora deve ter pensado que não seria necessário contemplar os passos do TWA, principalmente o 2 e o 3, para os alunos realizarem as tarefas de estabelecimento de correspondências e de identificação dos limites de validade da analogia com êxito.

Este acontecimento mostra que, o êxito dos alunos, quando do uso de analogias em sala de aula, numa tarefa não depende exclusivamente da familiaridade com o análogo. A familiaridade do análogo é uma condição necessária, porém não suficiente. Outros fatores devem ser considerados, como o nível de aptidão dos alunos para com este tipo de atividade.

A segunda implementação para esta atividade foi realizada numa das turmas do Prof. LLS. Nela obtivemos melhores resultados em comparação com os obtidos na turma da Profa. ET.

Comprovamos que, analisando as produções escritas, a maioria dos alunos não teve dificuldade em estabelecer as correspondências entre o “análogo” e o “alvo”. Os alunos mapearam a maior parte dos atributos, tanto estruturais quanto funcionais.

Além disso, muitos alunos explicitaram similaridades para além daquelas previstas pelo professor, estão são mencionadas no quadro a seguir.

Quadro 6 – Correspondências estabelecidas além das previstas na atividade

Sistema Ferroviário	Circuito Elétrico
Obstáculo nos trilhos	Lâmpadas
Velocidade do trem	Intensidade da corrente
Combustão	Perda da capacidade da pilha

O bom índice de estabelecimento de correspondências, talvez possa ser explicado pelo fato do professor ter utilizado um modelo representativo do análogo (ferrorama) em sala de aula. A figura abaixo mostra este modelo físico utilizado.



Figura 3 – Modelo físico representativo do análogo utilizado

Com respeito à identificação dos limites de validade da analogia, podemos dizer que a grande maioria dos alunos conseguiu identificar os limites. Para exemplificação, reproduzimos abaixo a produção de uma aluna contendo as falhas mencionadas pela grande maioria dos alunos.

FICHA 2		
Nome: <i>A. J.</i>	Turma: <i>301</i>	Nº:
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
- No circuito elétrico a energia é transformada em luz e na malha ferroviária em energia mecânica.		
- no circuito elétrico a corrente elétrica pode ter mais de um caminho e na malha não pode.		
- no circuito elétrico a fonte está parada e na malha ferroviária a locomotiva anda junto e os vagões <small>que é a fonte</small>		

Figura 4 – Limites de validade identificados pela maioria dos alunos

Além dos limites expressos na produção acima, outros também foram mencionados pela grande maioria da turma como, por exemplo, os listados abaixo.

“Os trilhos têm espaços entre eles, para a dilatação devido ao calor. No circuito elétrico não pode haver isso.” (L.B.G. B.)

“Os elétrons são invisíveis, e o trem não”. (A. M.)

Podemos justificar o elevado índice de rendimento dos alunos nas duas primeiras fichas, olhando o grau de contemplação dos passos do modelo TWA, executados pelo professor LLS. Este contemplou cinco passos do modelo TWA, apenas o sexto passo não foi contemplado.

Tento em vista que os alunos tiveram êxito no estabelecimento de similaridades e na identificação de pontos falhos, esperávamos que eles elaborassem sínteses conclusivas ricas em argumentação. No entanto, uma parte expressiva dos alunos somente citou os elementos constituintes do circuito elétrico, não especificando suas funções no mesmo. Parece haver indícios de falta de argumentação ou de escrita por parte dos alunos.

Na continuidade, descrevemos os resultados obtidos da implementação da analogia circuito elétrico/sistema circulatório.

5.2.3 – Atividade Didática 03 – Circuito Elétrico/Sistema Circulatório

À analogia *Circuito Elétrico/Sistema Circulatório* foi implementada pelo Prof. LLS.

Nesta atividade, as produções escritas dos alunos com as correspondências entre alvo e análogo mostram que, praticamente a totalidade dos alunos estabeleceu as correspondências entre alvo e análogo na íntegra.

Muitos alunos sugeriram correspondências além daquelas previstas na atividade. Estas correspondências são mencionadas no quadro abaixo.

Quadro 7 – Correspondências estabelecidas além das previstas na atividade

Sistema Circulatório	Circuito Elétrico
Órgão e células (consumidores de energia)	Lâmpadas
Veias e artérias	Cabo positivo e negativo
Coagulo	Interruptor
Velocidade de escoamento do sangue	Intensidade da corrente elétrica

As correspondências estabelecidas pelos alunos foram aquelas que se referem não apenas a estrutura, mas também as funções de ambos os atributos das situações.

O fato dos alunos perceberem que as funções dos aspectos relacionados ao sistema circulatório eram semelhantes aos do circuito elétrico contribuiu para que eles conseguissem estabelecer as relações. Este aspecto mostra que é necessário que os alunos percebam que os aspectos, tanto estruturais quanto funcionais de ambas as situações, são semelhantes para que possam as relacionar.

Quanto a identificação dos limites de validade, os alunos expressaram limites que não haviam sido identificados na atividade. Entre os limites de validade apontados, pela maioria dos alunos, estão os presentes na ficha de um dos alunos, reproduzida abaixo.

FICHA 2			
Nome: <i>h</i>	<i>k</i>	<i>j</i>	Turma: <i>3A</i> Nº: <i>21</i>
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.			
<p><i>Onde diz que o interruptor é uma necessidade no sistema elétrico, sem ele o sistema não poderia ocorrer. Porém, a gordura em um sistema circulatório é um risco, pois em excesso causa infarto. No sist. elétrico, há apenas 1 caminho para a electricidade passar e no corpo humano há vários (veias, artérias, vasos).</i></p>			

Figura 5 – Limites de validade identificados pela maioria dos alunos

Na produção acima, percebemos, também, um outro aspecto discutido em aula, durante a implementação, que esta analogia permite, não ficando somente restrito ao campo conceitual da física, que refere-se aos riscos de ingerirmos alimentos gordurosos. Este pequeno fato mostra a possibilidade de trabalharmos com este tipo de atividade conteúdos de outra natureza, como este que estaria dentro da tipologia de conteúdos atitudinais.

Além dos limites expressos na produção acima, outros também foram mencionados pela grande maioria da turma como, por exemplo, as citadas abaixo por alunos.

“A pessoa pode ter um ataque cardíaco pelo aumento de colesterol nas artérias, mas os elétrons ã ficam parados nos fios.” (M. G.)

“O coração não gera o sangue só bombeia já no caso da pilha ela gera energia.”. (R. N. A.)

Na elaboração da síntese conclusiva sobre a situação alvo os alunos não tiveram nenhuma dificuldade de realizar esta tarefa. Ocorreu apenas um caso de elaboração de síntese conclusiva em que o aluno utilizava a analogia em sua redação final.

Ao analisarmos as sínteses conclusivas dos alunos, constatamos que alguns alunos referem-se ao resistor como consumido de energia. Porém, a grande maioria compreendeu que a energia elétrica provém de reações químicas ocorridas dentro da pilha, e que aquela transforma-se em energia luminosa e térmica na lâmpada.

Os bons índices de aproveitamento dos alunos, nas tarefas solicitadas, talvez possam ser explicados em razão da contemplação da maior parte dos passos do modelo TWA pelo professor implementados.

Podemos, também, inferir que contribuíram para que os alunos não tiveram dificuldades em estabelecer as correspondências entre o “análogo” e o “alvo”, os seguintes aspectos: a) o análogo ser familiar aos alunos; b) o professor ter utilizado um modelo representativo do alvo; c) ter utilizado imagens do análogo, projetadas no quadro.

Nesta analogia o professor deve ter um domínio de outro conhecimento, que vai para além do conhecimento da área da física. Sem tal domínio a transferência de conteúdos entre diferentes áreas não seria possível.

Após descrevermos as evidências obtidas em sala de aula, finalizamos nosso trabalho fazendo algumas inferências sobre a aprendizagem dos alunos.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das contribuições deste trabalho diz respeito à avaliação das analogias utilizadas em sala de aula. Com ele foi possível determinar alguns obstáculos que poderemos encontrar ao tentar utilizar estas analogias no ensino de conteúdos conceituais. Com isso, utilizando as contribuições do presente trabalho podemos avaliar quais analogias são mais convenientes de serem utilizadas em sala de aula.

Ressaltamos que os índices aqui expressos não revelam quais análogos devem ser utilizados e quais devem ser rejeitados no ensino com analogias, mas sim o quanto devemos nos aprofundar, em virtude do grau de familiaridade dos alunos com os análogos, na apresentação da situação análoga e na identificação das características relevantes quando da realização dos passos 2 e 3 do modelo TWA em sala de aula.

Pensamos que as situações que foram consideradas familiares não seriam necessariamente os análogos mais indicados. A qualidade da analogia não depende exclusivamente da familiaridade do análogo. Esta é uma condição necessária para o ensino com analogias, porém não suficiente. Outros aspectos devem também ser considerados, como, por exemplo, o número de atributos a serem compartilhados ente alvo e análogo.

Estes cuidados são importantes no momento de elaboração de atividades didáticas que utilizem analogias.

A eficácia de uma analogia depende também da habilidade do aluno para estabelecer relações. Mas para isso, o aluno tem que ter um papel ativo neste processo.

Tendo em vista as implementações ocorridas podemos dizer que o entendimento de um novo conceito, no caso circuito elétrico simples, aumentou em virtude de estar associado a outros conceitos, tais como DDP e corrente, que já eram do conhecimento dos alunos.

Além disso, o significado que cada aluno adquiriu de um determinado conceito foi formado a partir do conjunto de relações analógicas que conseguiu estabelecer. Sendo que, quanto menor o número de relações que estabeleceu, menor o entendimento/significado que o aluno adquiriu. Ou seja, o entendimento/significado que possui, aumenta com o número de relações estabelecidas.

Não podemos afirmar com segurança que os alunos compreenderam os conceitos ensinados. Contudo, permanecem idéias recém construídas na estrutura cognitiva, que podem facilitar futuras aprendizagens.

À medida que os alunos adquirem uma maior compreensão do processo de ensino com analogias, deve ser possível ganharem uma maior capacidade de se comprometerem com a tarefa, de estabelecerem “maior número de correspondências”, de limites e elaborarem sínteses conclusivas com maior argumentação.

No nosso entendimento, deve haver, pelo menos, 03 elementos para que a aprendizagem de conteúdos conceituais venha a acontecer: 1) prestar atenção nos aspectos estruturais e funcionais e no comportamento do alvo; 2) o análogo deve ser lembrado/recordado; 3) possuir as habilidades necessárias para executar as atividades.

Os dados que possuímos não nos permitem afirmar que os baixos índices de aproveitamento dos alunos em algumas tarefas são devido a uma deficiência conceitual. Outro fator que pode estar relacionado aos baixos índices é uma deficiência procedimental. Pode ser que estejamos atribuindo a uma dificuldade conceitual o que, na verdade, é uma carência procedimental.

Os baixos índices obtidos talvez possam ser explicados em razão de uma deficiência procedimental, ou seja, em virtude da falta de alguns procedimentos que não foram suficientemente ensinados, entre eles: estabelecer relações, levantar hipóteses, identificar, escrever, etc. Estes procedimentos são imprescindíveis para as tarefas com o modelo TWA.

Acreditamos na necessidade de novas pesquisas que investiguem a influência das analogias na aprendizagem de conteúdos procedimentais e atitudinais. Portanto, este trabalho pode ser um ponto de partida para novos estudos a serem realizados neste campo.

7 – REFERÊNCIAS

- ABDOUNUR, Oscar João: (1999). *Matemática e música: o pensamento analógico na construção de significados*. São Paulo/BRA: Escrituras.
- ARAGÓN, M.^a del Mar.; BONAT, Manuel.; OLIVA, José M.^a; MATEO, Joaquín.: (1999). ‘Las analogías como recurso didáctico en la enseñanza de las ciencias’. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 22, p.109-115.
- BORGES, A. Tarciso: (1998). ‘Modelos mentais de eletromagnetismo’. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*,. 15(1), p.7-31.
- CLEMENT, J.: (1993). ‘Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students preconceptions in physics’. In: *Journal of Research in Science Teaching*, v.30, n.10, p.1241-1257.
- DAGHER, Zoubeida R.: (1995a). ‘Analysis of analogues used by science teachers’. In: *Journal of Research in Science Teaching*, v.32, n.3, p.259-270.

- DELIZOICOV, Nadir Castilho: (2002). *O movimento do sangue no corpo humano*: História e ensino. Florianópolis/BRA: Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. (Tese de Doutorado).
- DUIT, Reinders.: (1991). 'On the role of analogies and metaphors in learning science'. In: *Science Education*, 79(6), p.649-672.
- DUPIN, J.J.; JOSHUA, S.: (1989). 'Analogies and "Modeling Analogies" in teaching: some examples in basic electricity'. In: *Science Education*, 73(2), p.207-224.
- DUPIN, J.J.; JOSHUA, S.: (1990). 'Una analogía térmica para la enseñanza de la corriente continua en electricidad: descripción y evaluación'. In: *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), 119-126.
- GENTNER, Dedre; GENTNER, Donald R.: (1983). 'Flowing water on terming crowds: mental models of electricity'. In: GENTNER, D. and STEVENS, A. *Mental Models*. Hillsdale/USA: Lawrence Erlbaum Associate Publishers.
- GODOY, Luis A.: (2002). 'Success and problems with analogies in teaching mechanics'. In: *Journal of Science Education*, 3(1), p.11-14.
- GRANT, Richard: (1996). 'Basic electricity – A novel analogy'. In: *The Physics Teacher*, 34(3), p.188-189.
- HARRISON, Allan G.; TREAGUST, David F.: (1993). 'Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics'. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), p.1291-1307.
- HEYWOOD, D.; PARKER, J.: (1997). 'Confronting the analogy: primary teachers exploring the usefulness of analogies in the teaching and learning of electricity'. In: *International Journal of Science Education*, 19(8), p.869-885.
- HOFSTADTER, Douglas R.: (1990). 'Analogías com fluidos y creatividad humana'. In: Wagensberg (ed.), *Sobre la imaginación científica*, Barcelona/ESP: Tusquets, p.71-93. Disponível em: <http://fairway.eer.purdue.edu/fre/asee/fie95/2b4/2b43/2b43.html>
- MORSE, Robert A.: (1993). "'Feeling" series and parallel resistances'. In: *The Physics Teacher*, 31, p.347.
- POZO, Juan Ignacio. A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos. In: COLL, C.; et al. *Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes*. Porto Alegre/BRA: Artes Médicas, 2000.
- STAVY, Ruth; TIROSH, Dina.: (1993). 'When analogy is perceived as such'. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), p.1229-1239.
- SMITH, A. F.; WILSON, J. D.: (1974). 'Electrical circuits and water analogies'. In: *The Physics Teachers*. 12, p.396-399.
- STOCKLMAYER, Susan M.; TREAGUST, David F.: (1996). 'Images of electricity: how do novices and experts model electric current?'. In: *International Journal of Science Education*, 18(2), p.163-178.
- ZABALA, Antoni: (1998). *A prática Educativa: como ensinar*. Porto Alegre/BRA: Artes Médicas.