

NORBERTO CARVALHO ROCHA PATERLINI

Analogias e modelagem no ensino de ciências

São Carlos

NORBERTO CARVALHO ROCHA PATERLINI

Analogias e modelagem no ensino de ciências

Versão original

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre Profissional em ensino de Ciências Exatas.

Orientador. Prof. Dr. José Antonio Salvador

São Carlos

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P295a Paterlini, Norberto Carvalho Rocha
Analogias e modelagem no ensino de ciências /
Norberto Carvalho Rocha Paterlini. -- São Carlos :
UFSCar, 2016.
57 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de
São Carlos, 2016.

1. Raciocínio analógico. 2. Analogias. 3. Práticas.
4. Desafios. I. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Norberto Carvalho Rocha Paterlini, realizada em 10/03/2016:

Prof. Dr. Jose Antonio Salvador
UFSCar

Profa. Dra. Silvia Cristina Martini Rodrigues
UMC

Prof. Dr. Pedro Luiz Aparecido Malagutti
UFSCar

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo incentivo e apoio incondicional.

A esta instituição e ao departamento de Matemática pela oportunidade de realizar este trabalho.

Agradeço a todos os professores do programa, em especial ao meu orientador, José A. Salvador pela paciência e dedicação.

Também ao professor Marcos Leodoro pelo material e as ideias.

Resumo

Apresentamos uma discussão sobre práticas de ensino, a organização das disciplinas e a estrutura do currículo, onde a concepção formalista e cartesiana da matemática é transposta para o ensino de ciências, sendo utilizada não somente como linguagem da Ciência, mas como modelo de organização de conhecimento. A presença da prática nas salas de aulas é tímida e na maioria das vezes utilizada no contexto da justificativa e não da descoberta. A supervalorização da essência das teorias em detrimento dos seus efeitos práticos pode afastar o interesse dos aprendizes e resultar na baixa literacia científica que observamos ao final do processo de educação. Pretendemos explorar modalidades de pensamentos alternativos a perspectiva formalista e uma prática voltada para desafios, curiosidade e descoberta.

Palavras-chave: Raciocínio analógico. Analogias. Práticas. Desafios.

Abstract

We present a discussion about teaching practices, through the organization of courses and the structure of the curriculum, where the formalistic and Cartesian conception of mathematics is incorporated into the teaching of science, used not only as scientific language, but as a model for knowledge organization. The presence of the practice in the classroom is shy and most often used for justification, not for discovery. The overvaluation of the essence of the theories at the expense of its practical effects can ward off the interest of learners and result in the low scientific literacy that we observe the end of the education process. We intend to explore ways of alternative thoughts them the formalist one, and educational practice oriented for challenges, curiosity and discovery.

Keywords: Analog reasoning. Analogies. Practices. Challenges.

Lista de figuras

Figura 1: Triângulos semelhantes	31
Figura 3: Analogia proporcional: A está para B assim como C para D	32
Figura 4: Nível de detalhamento das analogia.	37
Figura 5: Um canhão disparando do topo de uma montanha e sobrecapa do Principia.....	38
Figura 6: Números Triangulares.....	40
Figura 7: Números Piramidais.....	40
Figura 8: Número tetraédrico: $Te(3) = 10$	41
Figura 9: Tabua de Galton.....	49
Figura 10: Triângulo de Pascal e distribuição estatística	52

Lista de tabelas

Tabela 1: Diferentes denominações para os objetos comparados em uma analogia.....	29
Tabela 2: Mapeamento estrutural entre sistema solar e modelo atômico clássico	38
Tabela 3: Diferentes denominações para os objetos comparados em uma analogia.....	29
Tabela 4: Resumo das contribuições teóricas.....	57

Sumário

1	Introdução	10
2.	A construção do conhecimento	11
2.1	A construção do conhecimento na perspectiva Piagetiana	11
2.2	A construção do conhecimento na perspectiva de Bachelard.....	14
2.3	A fragmentação dos saberes no ensino de ciências	17
2.4	A formalização prematura no ensino de ciências	20
3	O papel do raciocínio analógico no ensino.....	22
3.1	Tipos de raciocínio	23
3.1.1	Indutivo	24
3.1.2	Dedutivo	25
3.1.3	Analógico	28
3.2	Sobre os conceitos de analogia.....	29
3.2.1	Classificando as analogias.....	31
3.3	A função das analogias no ensino de ciências e matemática.....	33
4	Analogias: um recurso didático no ensino de ciências.....	35
4.1	Estratégias para incorporação de analogias no ensino.....	36
4.2	Propostas de ensino por analogia em Física	38
4.3	Propostas de ensino por analogia em Matemática.....	40
4.4	Dificuldades, limitações e obstáculos	42
5	Conclusão.....	44
	Referências.....	46
Apêndice A –	Atividade 1: Tabua de Galton	51
Anexo A –	Atividades propostas	55
Anexo B –	Resumo das contribuições teóricas	57

1. Introdução

Pretendemos explorar a perspectiva dos estudos sobre o uso da linguagem analógica no ensino de ciências partindo do pressuposto de que o recurso ao raciocínio analógico auxilia na compreensão do conhecimento científico, na medida em que pode aproximar conhecimentos não científicos (concepções alternativas) a concepções científicas. Ou seja, um domínio menos familiar, chamado de “alvo”, é tornado compreensível por semelhança com um domínio mais familiar, chamado de “análogo” (Glynn *et al.*, 1998).

No Capítulo 2 discutiremos algumas perspectivas epistemológicas sobre a construção do conhecimento pelo indivíduo com o intuito de estabelecer uma base teórica para o uso de relações de similaridade no ensino. Abordaremos também alguns problemas específicos da educação científica, como a fragmentação disciplinar, a formalização precoce de conceitos e o papel da prática e dos problemas no ensino de ciências no Ensino Médio.

No Capítulo 3 é apresentado um estudo sobre os tipos de raciocínio com a intenção de posicionar o papel do raciocínio por analogia na construção do conhecimento científico e sua função no ensino de ciências. Também discutimos os diferentes conceitos e classificações de analogias encontradas na literatura.

No Capítulo 4 é discutido especificamente o uso de analogias como um recurso no ensino de ciências e matemática, visando a incorporação de estratégias heurísticas para a abordagem do conhecimento e exercício da curiosidade científica, a diversificação das formas de abordagem, apresentação e desenvolvimento do conhecimento científico de forma a melhorar a articulação interdisciplinar; a aproximação entre os saberes científicos e os saberes espontâneos dos alunos. Também propõe alguns exemplos e limitações.

E, por sua vez, no Capítulo 5 faremos algumas considerações para articular os argumentos dos capítulos anteriores para sistematizar as propostas aos professores quanto às potencialidades e alguns problemas a serem superados com a utilização de raciocínio analógico no ensino de ciências no Ensino Médio.

Uma sugestão de atividade será apresentada no Anexo.

2 A construção do conhecimento

“Como podemos aprender? Pois, ou já sabemos o que buscamos, ou então não sabemos. Em nenhum dos casos aprender é possível; no primeiro caso pois já sabemos; e no segundo, por que não sabemos o que procurar, e mesmo que por sorte o encontremos, não o reconheceríamos “ (DEWEY, p. 305, tradução livre)

Pretendemos discutir nesta seção duas visões sobre o conhecimento e já partimos do pressuposto que ele é não é inato, mas construído. O dilema grego apresentado por John Dewey é somente um bom exemplo de lógica, pois assume conhecimento total ou ignorância completa. Este dilema ignora as possibilidades do uso da criatividade para investigar, formular conjecturas e tentar confirmá-las.

2.1 A construção do conhecimento na perspectiva Piagetiana

Jean Piaget é considerado um dos autores mais importantes na psicologia, pelo volume e consistência de seu trabalho, sendo a inteligência o tema central de sua obra. O foco de seu trabalho foi entender o desenvolvimento da inteligência e a construção do conhecimento. A sua teoria foi batizada de Epistemologia Genética, em que o primeiro termo pode ser entendido em referência à estrutura e os métodos do conhecimento e o segundo termo relacionado com gênese, origem. Tem como premissa que o conhecimento é construído e não uma propriedade inata do indivíduo, mas tampouco como resultado somente do meio externo, mas de uma interação contínua com o objeto do conhecimento.

Para Piaget, inteligência é definida de acordo com sua função: que a adaptação ao meio e com sua estrutura: que é uma organização de processos. Assim, o crescimento da inteligência não é exclusivamente o acúmulo de informações, mas principalmente é baseada reorganização das mesmas.

A inteligência é uma adaptação. Para apreender as suas relações com a vida em geral é necessário determinar quais as relações que existem entre o organismo e o meio ambiente. De fato, a vida é uma criação contínua de formas cada vez mais completas e uma busca progressiva do equilíbrio entre estas formas e o meio. Dizer que a inteligência é um caso particular da adaptação biológica é pois, supor que é essencialmente uma organização cuja função é estruturar o Universo, como o organismo estrutura o meio imediato. (Piaget, 1986, p. 16)

Segundo esta teoria, quando o indivíduo se depara com uma nova situação ou objeto, um processo cognitivo tenta incorporá-los por um processo que foi chamado de assimilação. Um novo esquema mental pode ser criado para incorporar o novo estímulo, ou um esquema já existente pode ser modificado, esta ação do sujeito sobre o novo objeto, na tentativa de assimilá-lo, foi classificado como acomodação.

Também não podemos ter dúvidas de que a vida mental seja, simultaneamente, uma acomodação ao meio ambiente. A assimilação não pode ser pura porque, quando incorpora os elementos novos nos esquemas anteriores, a inteligência modifica imediatamente estes últimos para os adaptar aos novos dados. Mas, pelo contrário, as coisas nunca são conhecidas nelas mesmas uma vez que este trabalho de acomodação só é possível em função do processo inverso de assimilação. Veremos como a própria noção de objetos está longe de ser inata e necessita de uma construção ao mesmo tempo assimiladora e acomodadora. (Piaget, 1986, p. 19)

Quando o sujeito entra em contato com um objeto novo, este pode ficar em conflito cognitivo, e o termo desequilíbrio é utilizado como metáfora, e a acomodação seria a tentativa de restabelecer o equilíbrio. A relação contínua entre estes dois processos é chamado de Equilibração Cognitiva, sendo que o termo “equilibração” foi escolhido em detrimento de “equilíbrio” por trazer uma ideia de um processo contínuo.

“... muitas vezes os esquemas de ação da criança (ou mesmo do adulto) não conseguem assimilar determinada situação. Neste caso, o organismo (mente) desiste ou se modifica. No caso de modificação, ocorre o que Piaget chama de “acomodação”. É através das acomodações (que, por sua vez, levam à construção de novos esquemas de assimilação) que se dá o desenvolvimento cognitivo. (...) Novas experiências, não assimiláveis, levarão a novas acomodações e a novos equilíbrios (adaptações) cognitivos. Este processo de equilibração prossegue até o período das operações formais e continua, na idade adulta, em algumas áreas de experiência do indivíduo. Os esquemas de assimilação representam, portanto, a forma de agir do organismo (mente) frente à realidade.” (Moreira, 1999, p.100)

O conceito piagetiano de abstração também será importante para a perspectiva deste trabalho. O processo de abstração empírica é realizado quando o sujeito retira (abstrai) informações diretamente do objeto de conhecimento, mas durante o processo de retirar informações do objeto de conhecimento o sujeito também pode refletir sobre suas ações sobre o objeto, o que foi considerado por Piaget como abstração reflexiva.

Provavelmente o conceito mais conhecido da teoria piagetiana é o de Estágio, que remete a ideia de que o desenvolvimento da inteligência não é linear, pelo simples acúmulo de informações, mas acontece por meio de rupturas. Assim, um estágio representa uma organização do conhecimento que será substituído e superado em um estágio superior por outra lógica da inteligência. Além de representar os saltos e a mudança de qualidade da inteligência, a teoria dos estágios também assume que a sequência dos mesmos é necessária e nenhum pode ser evitado. Estas superações não são resultados de simples acréscimos, mas de reestruturações e modificações que permitem novas elaborações sobre o mundo. Segundo esta teoria, o primeiro estágio é chamado de sensório-motor e o último seria o das operações formais, em que o indivíduo atingiria a capacidade de reversibilidade completa do seu pensamento, possibilitando tipos superiores de raciocínios. Os estágios intermediários podem ser classificados de diferentes formas, mas não serão o foco deste trabalho.

A posição filosófica de que o conhecimento humano é uma construção do próprio homem, tanto coletiva como individual, é bastante antiga. Mas neste século, Piaget é, sem dúvida, o pioneiro do enfoque construtivista à cognição humana. Suas propostas configuram uma teoria construtivista do desenvolvimento cognitivo humano. Alguns de seus importantes trabalhos datam da década de 20, mas apenas recentemente, na década de 70, digamos, Piaget foi "redescoberto". Começa talvez aí a ascensão do cognitivismo e o declínio do behaviorismo, em termos de influência no ensino/aprendizagem e na pesquisa nessa área. Hoje, essa influência é tão acentuadamente piagetiana que se chega a confundir construtivismo com Piaget. Quer dizer, chega-se a pensar, com certa naturalidade, que a teoria de Piaget é, por definição, a teoria construtivista. Não é bem assim, existem outras visões construtivistas, mas o enfoque piagetiano é indubitavelmente, o mais conhecido e influente (Moreira, 1999, p. 95)

Consideramos assim que o conhecimento não é algo interno e pré-determinado mas tampouco resultado exclusivo da influência do meio externo, mas uma construção contínua entre o sujeito e o objeto a ser conhecido, é por meio desta interação contínua com o mundo que o sujeito produz o próprio conhecimento e se emancipa intelectualmente.

Outras teorias de desenvolvimento cognitivo não serão consideradas neste trabalho, não que desconsideremos a sua importância para a compreensão e ação sobre o processo de ensino e aprendizagem, mas pelo fato de não serem diretamente ligadas a proposta do uso de raciocínio analógico e objetos análogos. A teoria sociocultural de Lev Vygostky, que considera a influência das características sociais e culturais, com os conceitos de mediação e zona proximal de desenvolvimento deveriam também ser consideradas em todo planejamento de ensino.

2.2 Construção do conhecimento na perspectiva de Bachelard

No espírito das revoluções no pensamento científico, Gaston Bachelard (1996) defende que o pensamento científico poderia ser explicado em três etapas: o pré-científico, que iria do período clássico até o século XVIII; o científico, até o final do século XIX; e o novo espírito científico, no início do século XX, como a teoria da relatividade, a física quântica e as geometrias não euclidianas. O aparecimento destas novas teorias, para Bachelard, indicava o caráter variável da racionalidade e a não imutabilidade de seus princípios. Partindo dessas observações, propõe a importância do caráter histórico da epistemologia e a relatividade do objeto.

A epistemologia bachelardiana tenta atualizar as filosofias anteriores, mostrando que estas não eram capazes de explicar os novos eventos da ciência contemporânea, pois defendem uma ideia de continuidade no conhecimento, em que a única diferença entre senso comum e ciência seria a profundidade do conhecimento. Para o empirismo a experiência surgiria de forma uniforme, com origem nas sensações, e para o racionalismo o fato experimental é apreendido pela razão.

Nem um nem outro isoladamente basta para constituir a prova científica; no reino das ciências físicas não há lugar para uma intuição do fenômeno que designaria de uma só vez os fundamentos do real; também não há lugar para uma convicção racional - absoluta e definitiva - que imporia categorias fundamentais aos nossos métodos de pesquisas experimentais. Estamos perante uma razão de novidade metodológica que teremos de clarificar; as relações entre a teoria e a experiência são tão estreitas que nenhum método, quer experimental, quer racional, tem a garantia de conservar o seu valor. (Bachelard, 1996b, pág. 14)

As ideais empiristas e racionalistas referem-se a uma ciência ideal, diferente daquela praticada na realidade, desconsiderando o seu caráter prático e efetivo. A epistemologia bachelardiana defende a ideia de descontinuidade com o conceito de ruptura epistemológica, que caracterizaria o nascimento de novas ideias científicas, rompendo com o saber passado. O progresso seria descontínuo pois a razão precisa ser retificada constantemente.

Outro ponto importante desta proposta epistemológica é a noção de obstáculo epistemológico, que se referem a preconceitos que bloqueiam e impedem o surgimento e aprendizado de novas ideias.

... 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. (Bachelard, 1996a, pág. 14)

Bachelard(1996) classifica vários tipos de obstáculos epistemológicos:

- opinião;
- experiência primeira;
- obstáculo verbal;
- obstáculo substancialista;
- psicanálise do realista;
- obstáculo animista;
- o mito da digestão;
- conhecimento objetivo;
- e o obstáculo do conhecimento quantitativo.

Segundo o epistemólogo francês, para se aprender, e aqui mais especificamente tratamos do aprendizado de ciências físicas, é preciso haver uma mudança de cultura e de racionalidade, mudança essa que, por sua vez, é consequência inerente ao aprendizado científico. Não é possível se adquirir nova cultura por incorporação da mesma aos traços da remanescente. Os hábitos intelectuais incrustados no conhecimento não questionado invariavelmente bloqueiam o processo de construção do novo conhecimento, caracterizando-se, portanto, segundo Bachelard, como obstáculos epistemológicos.(Lopes,1993)

Assim, o trabalho educativo consistiria em uma relação dialógica, não apenas pelo acúmulo de informações, mas pela transformação e modificação nos conhecimentos do indivíduo e a construção de ideias.

Sem dúvida, seria mais simples *ensinar só o resultado*. Mas o ensino dos *resultados* da ciência nunca é um ensino científico. Se não for explicada a linha de produção espiritual que levou ao resultado, pode-se ter a certeza de que o aluno vai associar o resultado a suas imagens mais conhecidas. É preciso "que ele compreenda". Só se consegue guardar o que se compreende. O aluno compreende do seu jeito. Já que não lhe deram as razões, ele junta ao resultado razões pessoais. (Bachelard, 1996a, pág. 248)

2.3 A fragmentação dos saberes no ensino de ciências

O especialista converteu-se neste homem, que à força de conhecer cada vez mais sobre um objeto cada vez menos extenso, acaba por saber tudo sobre o nada. G.K. Chesterton

Antes do século XV, a visão de mundo que imperava na Europa era orgânica, em que existia uma interdependência entre os fenômenos naturais e espirituais. Nesta visão, cabia ao homem contemplar e compreender a harmonia universal criada por Deus. A partir do século XVI, esta visão de mundo orgânico, vivo e espiritual começou a ser substituída por uma noção mais mecânica, formada por objetos distintos e independentes, influenciada fortemente pelas mudanças revolucionárias na visão da astronomia que iniciaram com as ideias de Nicolau Copérnico.

No século seguinte, podemos destacar o trabalho do matemático e astrônomo italiano Galileu Galilei, que introduziu a descrição matemática da natureza em seus tratados, que fica claro em sua famosa frase: “O grande livro da natureza é escrito em linguagem matemática”. E, na Inglaterra, o filósofo Roger Bacon descrevia um método empírico para a ciência, formulando uma teoria de procedimento indutivo que se tornaria o novo método de experimentação científica.

A separação do conhecimento em áreas foi, provavelmente, iniciada pela visão mecanicista de mundo de Descartes, que tratou o problema do conhecimento dividindo-o em sujeito e objeto. Esta separação influenciou os processos de aquisição, construção e divulgação do conhecimento, que passou a ser uma característica do desenvolvimento científico.

“Vivemos sob o império dos princípios de *disjunção*, de *redução* e de *abstração* cujo conjunto constitui o de que chamo de o “paradigma da simplificação”. Descartes formulou este paradigma essencial do Ocidente, ao separar o sujeito pensante (*ego cogitans*) e a coisa entendida (*res extensa*), isto é, filosofia e ciência, e ao colocar como princípio de verdade as ideias “claras e distintas, isto é, o próprio pensamento disjuntivo.” (Morin, pág. 11)

A fragmentação dos saberes científicos a serem ensinados manifestam-se na separação das disciplinas curriculares, e tem sido danosa para a educação. Até mesmo no contexto de uma dada disciplina, o conhecimento é separado em diversos conteúdos relativamente estanques, que muitas vezes são apresentados de maneira desconexa e desvinculada. O resultado é a perda de sentido, que se manifesta nos alunos como repúdio a determinadas disciplinas, demonstrando que eles não conseguem perceber as semelhanças e relações entre as diferentes áreas do conhecimento e seus interesses em objetos e tecnologias do cotidiano.

“Já há algum tempo a rede regular de ensino público brasileiro trata o conhecimento de modo segmentado. A estruturação da educação básica brasileira, separada em séries e componentes curriculares, divide e distancia os saberes científicos e “a crise, em nosso sistema de ensino, pode ser percebida na frustração dos alunos, na fraqueza dos estudantes, na ansiedade dos pais, na impotência dos mestres. A escola desperta pouco interesse pela ciência.” (JAPIASSU, 1976, p. 52).

Diferentes termos são encontrados neste sentido: multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. E como mencionado por Japiassu (1976, p.72) “Quanto ao termo ‘interdisciplinar’, devemos reconhecer que não possui ainda um sentido epistemológico único e estável. Trata-se de um neologismo cuja significação nem sempre é a mesma e cujo papel nem sempre é compreendido da mesma forma.” Não trataremos neste trabalho das diferentes gradações destes termos, consideraremos que a característica central da interdisciplinaridade é a incorporação de resultados e métodos de várias disciplinas. Entre as várias razões que justificam a prática interdisciplinar, podemos destacar que elas permitem:

- Proporcionar maior capacidade de compreender de forma crítica as informações recebidas pelos diversos meios de comunicação.
- Ampliar a formação geral de futuros cientistas, possibilitando-lhes descobrir melhor suas aptidões e assegurar melhor sua orientação a fim de definir seus papéis na sociedade.
- Preparar melhor os indivíduos para a atividade profissional, que cada vez mais exige contribuições de várias disciplinas fundamentais e que favorece uma formação mais polivalente.

- Proporcionar trocas generalizadas de informações e de críticas, contribuindo para uma reorganização do meio científico e consequente transformação institucional à serviço da sociedade.
- Preparar os futuros pesquisadores para trabalho em equipe, fornecendo-lhes os instrumentos conceituais para que saibam analisar as situações e problemas, que reconheçam os limites da metodologia de sua especialidade e possam dialogar de forma produtiva com pesquisadores de outras áreas.

Existe a necessidade de superar a dissociação entre o pensamento teórico e a ação informada, que é pregado pelas pesquisas interdisciplinares, as quais defendem um ensino integrado e coordenado das ciências e responde as exigências das novas necessidades da aplicação. Podemos concluir que a metodologia interdisciplinar propõe uma reformulação geral da estrutura de ensino das disciplinas científicas, pois coloca em questão não somente a forma com que cada disciplina é ensinada, mas as condições necessárias para o avanço da ciência moderna.

Os fatos observados têm vindo a escapar ao regime de isolamento prisional a que a ciência os sujeita. Os objetos têm fronteiras cada vez menos definidas; são constituídos por anéis que se entrecruzam em teias complexas com os dos restantes objetos, a tal ponto que os objetos em si são menos reais que as relações entre eles. (Santos, 1991, Pág. 54)

2.4 A formalização prematura no ensino de ciências

A organização do ensino e a articulação do currículo das disciplinas científicas costuma ser baseada em uma visão formalista da matemática, que assume o papel não somente de linguagem da ciência mas também de modelo de organização dos conteúdos. Como observado por Leodoro (1996, p.23)

Uma vez que a Ciência se desenvolveu em estreita articulação com uma organização matematizada de seus princípios e métodos, a caracterização do pensamento e do conhecimento científicos é indelével da compreensão sobre o engendramento da Ciência pela Matemática e das referências culturais desse desdobramento histórico do saber científico.

Os conteúdos são, na maioria das vezes, apresentados aos estudantes de maneira muito formal, diminuindo a sua atratividade e dificulta que o gosto pela descoberta seja estimulado. Esta formalização prematura tem efeito de distanciar os alunos do conhecimento, tornando-o mecânico e com objetivo único de ser reproduzido nas avaliações escolares e depois esquecido, como observado por Giordan (1996, p.23)

Com efeito, as pesquisas, em diversos países da Europa, têm revelado que, atualmente, a maior parte do saber científico, ensinado durante a escolaridade, é esquecida após alguns anos, algumas semanas até... se é que, às vezes, foi adquirido. Os conhecimentos são dificilmente transmissíveis, tanto de uma maneira individual quanto no plano social.

Como identificado por Mazur (1992) os problemas propostos pelos livros didáticos tendem a ser resolvidos por sequências de passos memorizados e por técnicas de resolução de problemas. Quando o mesmo tipo de problema é proposto nas avaliações as seguintes observações são feitas por Mazur (2003).

“Preparei exames com problemas tradicionais e outros com questões conceituais sobre o mesmo tema para verificar se resolver problemas significava compreendê-los e vice-versa. O que verifiquei foi que os alunos podem resolver problemas com facilidade sem os compreender.

Os problemas e exercícios deveriam ter como função o desenvolvimento das capacidades cognitivas dos alunos e a incorporação de novos conceitos. Quando apresentados fora de contexto e separados de uma sequência didática planejada, a resolução se torna mecânica e pode ignorar os conhecimentos prévios que os estudantes adquiriram de maneira informal por meio de mídias variadas e em sua

interação cotidiana com a tecnologia. Assim, a linguagem inicial com que são apresentados os conceitos científicos e matemáticos poderia ser mais acessível e próxima da realidade do aluno, como observado por Moles (1998, p.162)

A linguagem, e mais precisamente ainda as linguagens, serão pois um primeiro critério daquilo que é aceitável pelo receptor... Expressar-se claramente significa apenas conformar-se a esta norma social que é a língua, primeira coerção exercida sobre a fantasia de nossas formas mentais, e concebe-se o interesse que apresentará uma Ciência da Descoberta todo o processo efetuado em uma ciência universal da linguagem[...]

No ensino por descoberta, o conhecimento é descoberto quando se aplica o método científico e, por indução, por intermédio de observações, os alunos devem chegar a conhecer as leis da natureza. A esse respeito, Santos (1991) diz que a ênfase exagerada que esse tipo de ensino dá a trabalhos de laboratório e a uma imitação ingênua do método científico, leva os alunos a gastar muitas horas a colher dados empíricos que apenas mostram o óbvio, a aprender poucos conteúdos, a deificar o método científico e a generalizar muito com base em experiências limitadas.

Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de *adquirir* uma cultura experimental, mas sim de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (BACHELARD 1996a, pág. 16)

3 O papel do raciocínio analógico no ensino

As experiências prévias e conhecimentos anteriores ajudam-nos na adaptação a novas situações e na tomada de decisões, tentamos sempre encontrar paralelos entre problemas e situações que possuam estruturas similares. Segundo Curtis (1984, p. 99) analogias provavelmente surgiram juntamente com a linguagem e, talvez, até o pensamento e a própria linguagem sejam consequência de experiências analógicas. Como relatado por Blaga (2014, p.113-114)

[...] nossa orientação no mundo e na vida não seria possível, nem mesmo em zonas muito restritas, se não nos orientássemos a cada passo pelo método da analogia. O procedimento intervém mesmo nas nossas relações quotidianas mais simples com os semelhantes e com o meio ambiente.[...] A tendência de interpretar o mundo desconhecido em direta analogia com o mundo concreto contactado pelos sentidos foi suficientemente sublimada tanto em relação as crianças e primitivos quanto em relação a culturas arcaicas.

Também devemos considerar que formas de raciocínio analógico são cada vez mais considerados por psicólogos cognitivos como um componente central da cognição humana, envolvidos no aprendizado e na classificação, usados como ferramenta para explicações, descobertas científicas e pensamento criativo, como mencionado por Dagher (1995, p. 295).

Para que um fato ou experiência seja comunicado de forma eficaz, termos com referências significativas devem ser apresentados, como observado na comunicação verbal ou escrita cotidiana. Em uma situação de ensino em que o objetivo é compreender fatos abstratos e experiências complexas, recorrer a fatos concretos e experiências diretas é de grande importância. A analogia é uma forma de proporcionar este tipo de experiência, já que muitos conceitos não podem ser construídos com uma experiência direta, como os de: elementos químicos, fótons, metabolismo, etc.

O uso de analogias pode ser usado também como estratégia integradora, de forma a diminuir a fragmentação disciplinar que foi indicada na seção 2.3, já que elementos de uma área do conhecimento (análogo) podem ser usados para o entendimento de elementos de outra área (alvo).

A prática de raciocínios analógicos pode ser uma forma de aproveitar as concepções alternativas dos alunos em vez da total “destruição” das representações falsas, como proposta por Bachelard citada na seção 2.2.

A aplicação de modalidades de pensamento alternativos, como o raciocínio análogo e o uso planejado de analogias, podem ajudar a modificar a perspectiva extremamente formal que em alguns casos permeia o ensino de ciências, como mencionado na seção 2.4.

3.1 Tipos de raciocínio

Para a ciência moderna os métodos de desenvolvimento do saber representam um determinado tipo de transformação de informação obtida empiricamente. Esta transformação pode modificar ou atribuir-lhe novas características, como maior simplicidade ou melhor demonstrabilidade, que poderão facilitar o seu uso no processo de ensino.

Estas transformações ocorrem segundo certas lógicas; regras de inferência podem estabelecer que a veracidade do resultado da transformação depende da verdade da informação inicial. Caso essas lógicas não forem obedecidas pode-se chegar a uma conclusão falsa, mesmo partindo de uma premissa verdadeira.

Para adquirir conhecimentos confiáveis precisamos ter alguma garantia de que este é de alguma forma verdadeiro. Diferentes métodos de aquisição de conhecimento foram usados ao longo da história; segundo Ernest (1991) podemos exemplificar quatro deles:

l) A experiência: casual ou planejada, experimentar é um método de adquirir um novo conhecimento. Crianças aprendem muito sobre o mundo por meio de experiências, também imaginamos que homens primitivos adquiriram boa parte de seu conhecimento inicial por tentativa e erro.

Se um indivíduo se queima em uma chama mas não percebe o fato como consequência de uma ação, o aprendizado não ocorreu, somente uma reação química. Assim, segundo Dewey:

Aprender de uma experiência é fazer uma conexão de causa e consequência entre a ação que realizamos sobre objetos e o que sofremos

em consequência. Segundo tais condições, agir se transforma em tentar; um experimento com o mundo para descobrir como ele é; a ação se transforma em instrução—a descoberta da conexão entre as coisas. (DEWEY 2008, p. 289, tradução livre)

A aquisição de conhecimentos por meio da experiência é limitada, nem sempre é possível realizar uma experiência. Este método depende da capacidade de realizar observações com nossos limitados sentidos.

II) A Autoridade: Uma boa parte dos conhecimentos que adquirimos é por intermédio de informações recebidas de outros indivíduos. Seja por uma aula ou um livro, simplesmente acreditamos na competência destes autores.

A limitação deste método é diretamente ligada a competência e extensão do conhecimento da autoridade em questão. As informações transmitidas por este método sempre estarão sujeitas às crenças pessoais e aos vieses do autor da informação.

III) A Revelação: Este método de aquisição de informações é quase sempre diretamente ligado as verdades religiosas.

IV) O Raciocínio: Faremos a seguir, uma breve discussão sobre raciocínio por Indução, dedução e analogia.

3.1.1 Indutivo

No raciocínio indutivo informações sobre acontecimentos observados podem ser usadas para criar conclusões sobre acontecimentos não observados, estas conclusões são apenas prováveis e não necessárias. Neste tipo de raciocínio as informações obtidas na observação de um número finito de objetos é estendida para um número maior ou infinito de objetos.

Este tipo de raciocínio é habitual e simples, e muitas vezes inconsciente, como por exemplo:

Exemplo 3.1 Com o conhecimento que um enfermo tem elevada temperatura corporal, é presumido que a temperatura também era alta antes da medida, e, posteriormente, que outros indivíduos com alta temperatura também estejam enfermos. Na indução, a conclusão não é de modo algum necessária, mas apenas

provável.

Uma forma de conclusão obtida deste modo é a indução por enumeração, este tipo de conclusão não é necessariamente verídica, já que ultrapassa o conjunto dos fatos descritos nas premissas. Segundo esta abordagem, os métodos estatísticos poderiam ser classificados como indutivos, fundamentando-se em relações numéricas quantitativas de observações individuais.

Podemos classificar os raciocínios indutivos em algumas classes:

- Generalizações estatísticas:

Exemplo 3.2 Cerca de metade dos estudantes observados praticam esportes. Logo, metade dos estudantes praticam esporte

- Inferências da população para a amostra:

Exemplo 3.3 Cerca de 70% dos alunos matriculados no curso noturno trabalham. Dos alunos que irão se matricular no curso noturno, 70% trabalham.

- Inferências de amostra para a amostra:

Exemplo 3.4 Todas as vigas metálicas observadas até então dilatam-se com o calor. Esta viga irá dilatar-se com o calor.

O raciocínio por indução possui várias limitações, generalizações precipitadas podem ser causadas por amostras limitadas. Além de que conclusões puramente indutivas podem ser facilmente negadas por novas descobertas.

3.1.2 Dedutivo

Na inferência dedutiva, diferentemente da indutiva, as conclusões não devem ultrapassar a extensão dos fatos ou objetos aos quais as premissas se referem. No raciocínio lógico dedutivo uma conclusão será considerada verdadeira com base na veracidade de declarações anteriores (premissas) com o uso de regras de inferência bem delineadas. Em muitos contextos os termos premissa, hipótese, axioma e postulado são usados como sinônimos.

Podemos classificar os raciocínios dedutivos em algumas classes:

I) O Silogismo é a forma mais simples de inferência dedutiva. Parte-se de duas premissas, sendo pelo menos uma delas universal e não podendo ambas serem negativas. A proposição resultante transmite a verdade das premissas para a conclusão:

Exemplo 3.5 Todos os metais são condutores elétricos. O cobre é metal. O cobre é condutor elétrico.

Ou a proposição resultante retransmite a falsidade da conclusão para as premissas, se a conclusão de um raciocínio dedutivo for falsa, então uma ou mais premissas são falsas:

Exemplo 3.6 Todos os metais são condutores elétricos. O vidro é metal. O vidro é condutor elétrico.

Neste tipo de raciocínio a conclusão não é mais do que a repetição de uma relação que está estabelecida nas premissas.

II) O método Axiomático

A essência do método axiomático consiste em se tomar uma série de proposições caracterizadas por generalidade, evidência ou outras propriedades essenciais para o conhecimento alvo como princípio que não precisam ser demonstrados (axiomas geométricos ou aritméticos, princípio de identidade, etc). Proposições que não contradizem as premissas são subsequentemente deduzidas. Este método que começou na matemática posteriormente se estendeu para outras áreas da ciência como a física, biologia e a linguística.

Exemplo 3.7 Em Matemática, uma identidade (ou elemento neutro), é qualquer elemento cuja utilização numa operação bem definida não causa alteração de identidade no outro elemento com o qual entra em operação. Para que este teorema seja comprovado, a identidade aditiva, o princípio da identidade e a definição de zero são necessários como axiomas.

Exemplo 3.8 Em Física Clássica, as leis da gravitação universal são demonstradas partindo de axiomas como: referencial de espaço absoluto, validade das leis para qualquer referencial inercial, tempo absoluto e independente do espaço e princípio do movimento retilíneo uniforme.

III) O método Hipotético-dedutivo

Podemos considerar como o método padrão da ciência moderna, sua diferença do axiomático é que as premissas não serem proposições teóricas, mas um conjunto de dados resultantes de experiências. Para explicar os conhecimentos empíricos adquiridos, hipóteses são elaboradas, conclusões são deduzidas e um novo conhecimento é gerado.

O que diferencia este método do puramente empírico, é que das hipóteses pode resultar uma conclusão que contradiz o conhecimento empírico, o que leva a conclusão de que uma ou mais hipóteses contêm algo falso ou que o conhecimento empírico é inexato.

Exemplo 3.9 A ideia de que a Terra é uma esfera é tão antiga quanto a estimativa do raio terrestre por Erastóstenes de Alexandria no terceiro século antes da era cristã. Modelos usando a Mecânica Cartesiana, que são baseadas nas hipóteses de Copérnico, concluíram que o planeta era achatado no equador. Isaac Newton com sua nova proposta mecânica (mecânica newtoniana) obteve resultados contrários, concluindo de forma estritamente teórica que a Terra deveria ser achatada nos polos. Este resultado teórico só foi confirmado posteriormente, as primeiras medidas deste achatamento foram realizadas por expedições francesas, sendo uma delas na região da Lapônia, como o relato do historiador Basílio Magalhães em La Condamine (1944, p.13)

Na primeira metade do século XVIII ainda não se havia dado solução positiva ao problema da forma esferóide e da grandeza da Terra. Em 1735, isto é, quando em França reinava Luís XV (1714-1744), atingira o auge a discussão entre cartesianos e newtonianos, uma vez que não se chegara a acordo entre os que aceitavam as determinações do abade Picard e os que preferiam as conclusões dos irmãos Cassinis [...] decidiu que se pusesse termo às referidas controvérsias, mediante expedições técnicas, as quais, em conformidade com o parecer dos sábios mais reputados, deveriam dirigir-se ao Equador, à Lapônia e até mesmo ao extremo sul da África.

A confirmação da hipótese a partir de um dado empírico, principalmente quando este foi previsto pela hipótese, é um grande argumento a favor de sua veracidade. Mas o método também possui suas limitações, já que dados experimentais podem concordar simultaneamente com hipóteses diferentes, e, se existe uma conclusão necessária para um conjunto de premissas, podem existir premissas diferentes para a mesma conclusão.

3.1.3 Analógico

O raciocínio por analogia é um dos raciocínios que, como discutido na introdução deste capítulo, é intuitivo e espontâneo para a mente humana. Segundo Hessen (2000, p.52), este tipo de raciocínio era a forma dominante de pensamento até ao século XVI, sendo que foi desacreditado pelo racionalismo científico defendido inicialmente por Descartes, com o racional absoluto como fonte principal do conhecimento humano.

O raciocínio por analogia é um tipo de raciocínio que vai do particular para o particular, de certas semelhanças visíveis ou certas relações conhecidas entre determinados objetos infere-se supostamente que existem ainda outras semelhanças ou outras relações entre eles. Por outras palavras, é um raciocínio que vai do particular para o particular, em virtude de uma ou várias semelhanças (indução imperfeita).

Um exemplo desta estrutura:

Exemplo 3.10 O objeto A tem as propriedades a, b, c, d, e. O objeto B tem as propriedades a, c, d. O objeto A possui ainda a propriedade f. Logo, provavelmente o objeto B terá a propriedade f.

O raciocínio analógico pode ser classificado de duas formas:

- I) Quando dois ou mais objetos ou fatos contêm propriedades em comum, e é assumido que eles provavelmente têm outras propriedades em comum.
- II) Quando um indivíduo conclui algo sobre um fato baseado na assumida semelhança com um fato que é familiar ou conhecido.

3.2 Sobre os conceitos de analogia

Pode-se remontar a Aristóteles a discussão do uso de tal recurso para facilitar o estudo e a compreensão de assuntos complexos. Ele mesmo as utilizava frequentemente em seus discursos, com o objetivo de facilitar a compreensão de suas ideias. SANTOS (1998) cita o emprego de analogias por Aristóteles na obra "Poética", capítulo XXI, onde

a analogia implica proporcionalidade, numa espécie de regra de três, chamada de quarta proporcional, em que ele explica que um termo (A) está para outro (B), assim como (C) está para (D), sendo (A) e (C), bem como (B) e (D) intercambiáveis sem prejuízo para o sentido fundamental da frase.

Segundo Reigeluth (1984), as analogias existem desde o aparecimento da linguagem, são encontradas em praticamente todos os tipos de literatura. E a linguagem e o desenvolvimento da cognição podem ser consideradas como um acúmulo de experiências analógicas. Entretanto o raciocínio analógico pode preceder a linguagem, já que um homem primitivo poderia usar uma certa estratégia adaptada a uma nova situação.

Nos artigos pesquisados encontramos diferentes denominações para os conceitos comparados em uma analogia, como apresentado na tabela 1. Usaremos neste trabalho a denominação de Duit (1991), de *análogo* para o conceito supostamente já conhecido pelo aluno e de *alvo* para o conceito que se tem a intenção de ensinar.

Autor	Conceito conhecido	Conceito desconhecido
Ortony(1979) ,Curtis e Reigeluth (1984)	Tópico	Veículo
Gentner (1988)	Domínio base	Domínio alvo
Duit (1991)	Análogo	Alvo
Harrison e Treagust(1993)	Domínio familiar	Domínio não familiar
Dagher (1995)	Domínio mais familiar	Domínio menos familiar
Perelman (1993)	Foro	tema
Borges (1997)	Fonte	Alvo
Otero (1997)	Análogo	Branco

Tabela 1: Diferentes denominações para os objetos comparados em uma analogia.

Observamos que as definições de analogia são parecidas nos trabalhos pesquisados, mas percebemos divergências com relação abrangência do conceito. Uma definição mais estrita de analogia requer que as relações percebidas no análogo também sejam idênticas as contidas no alvo, como descrito por Gentner (1988, p. 2, tradução livre):

“uma analogia é o mapeamento do conhecimento do domínio base no domínio alvo, onde um sistema de relações que estão contidas nos objetos base, também estarão contidas nos objetos alvo. Assim, Uma analogia é uma forma de perceber as relações comuns de forma independente a qual objeto estas relações se aplicam.”

Para Duit (1991, p.667) “relações entre partes comuns das estruturas de dois domínios”, onde se “compara explicitamente as estruturas de dois domínios”

Para Dagher (1995, p.296, tradução livre) “Analogias instrutivas se referem a situações em que um domínio menos familiar é tornado compreensivo pelo uso de relações de semelhança com um domínio de maior familiaridade.”

Similarmente, para Duarte (2005, p.7): “Uma analogia é, frequentemente, entendida como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios de conhecimento diferentes, um conhecido e outro desconhecido.”

Apesar das diferenças, todas as definições têm em comum o fato de reconhecer que a analogia estabelece comparações entre estruturas de um objeto conhecido e outro pouco conhecido ou desconhecido. Como o objetivo deste trabalho não é a classificação de analogias, usaremos a definição mais ampla, mas é importante considerar a falta de um consenso na definição, como mencionado por Junior (2013, p.63).

Embora não haja tanta dissonância quanto ao significado e a função que uma analogia adquire, a abrangência que diferentes autores atribuem ao termo é um ponto importante a ser analisado, pois o que é classificado como analogia por um determinado autor pode não ser por outro.

3.2.1 Classificando as analogias

Inicialmente podemos classificar as analogias em verbal ou textual. Consideraremos que mesmo no caso de analogias verbais, em uma situação de ensino, o uso de figuras e esboços são comuns, assim o caráter pictórico é aplicado a essas duas categorias.

Outra classificação possível para as analogias seria simples ou proporcional.

Na analogia simples a relação pode ser representada por “A é como B”, como por exemplo em matemática quando afirmamos “O triângulo A é semelhante ao B”, como na figura 1.

Em ciências biológicas sobre o sistema imunológico, “Glóbulos brancos são como soldados” ou, em física para o modelo clássico do átomo: “Um átomo é como um pequeno sistema solar”.

Discutiremos as limitações deste tipo de analogia na seção 3.3.

Exemplo 3.11 Triângulos semelhantes

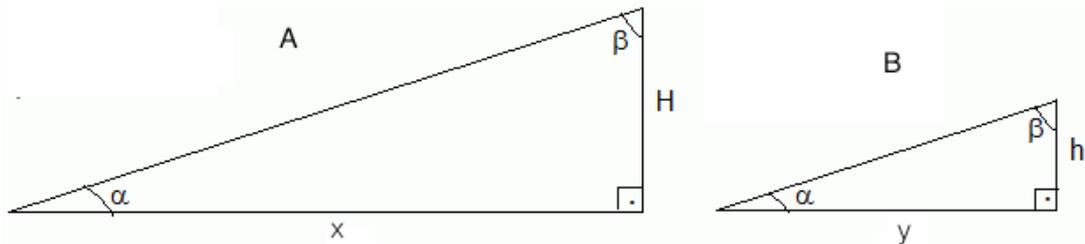


Figura 1: Triângulos semelhantes

Analogias proporcionais são caracterizadas pela relação “A está para B assim como C para D”. Analogias do tipo simples podem ser apresentadas de forma proporcional “x está para y, assim como H está para h” ou $\frac{x}{y} : \frac{H}{h}$, usada para a determinação de alturas e distâncias de objetos inacessíveis

Exemplo 3.12 Um dos primeiros modelos matemáticos para medida do raio da Terra

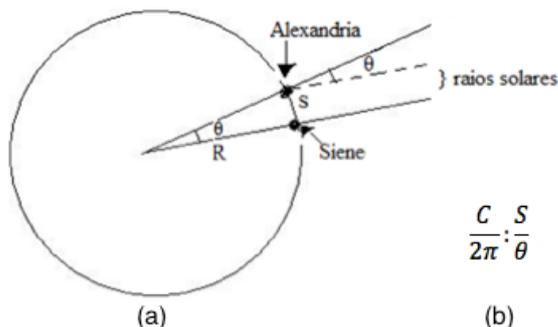


Figura 2: (a) Modelo atribuído a Eratóstenes para estimar o raio da Terra. (b) Relação proporcional equivalente

Da mesma forma, “Glóbulos brancos nos defendem dos germes assim como os soldados de invasores” e “Elétrons são para o núcleo o que os planetas são para o Sol”. Este tipo de analogia também é frequentemente encontrada expressa exclusivamente de forma geométrica, como na figura 2.

Exemplo 3.13 Modelos geométricos de analogia proporcional

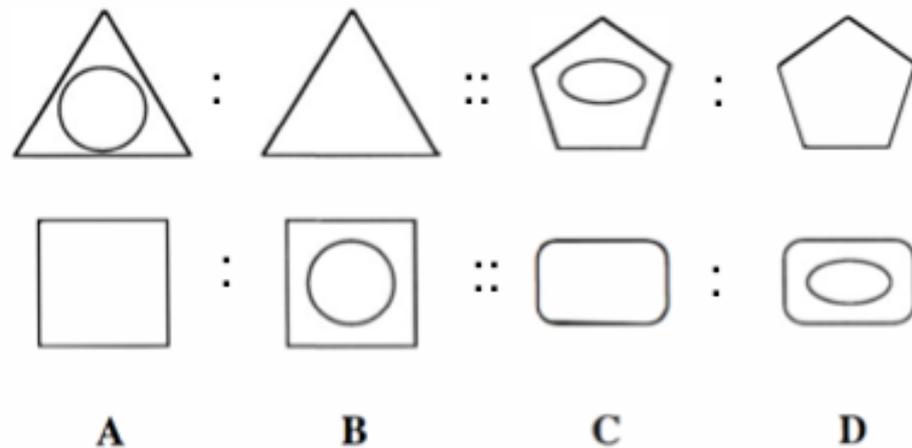


Figura 3: Analogia proporcional: A está para B assim como C para D

O próximo passo depois de classificada a analogia seria classificar o tipo de relação analógica entre o alvo e o análogo. Uma das primeiras tentativas foi feita por Curtis e Reigeluth (1984), que analisaram 26 livros didáticos encontrando 216 analogias, que foram organizadas em categorias onde certos padrões foram encontrados. Discutiremos quatro das categorias que foram definidas:

- I. Tipo de relação analógica
- II. Condição
- III. Posição
- IV. Nível de detalhamento

Estas classificações serão discutidas com mais detalhes na seção 4.1 onde algumas estratégias para o uso de analogias serão apresentadas.

3.3 A função das analogias no ensino

Duas funções básicas foram identificadas para o uso de analogias no ensino, segundo Dagher (1998, p.196) a função expositiva (comunicativa) e a gerativa (inferencial). Estas funções também são discutidas por Indurkha (1992, p. 23, tradução livre):

Eu gostaria de distinguir dois sentidos diferentes de analogia. O primeiro se relaciona com similaridades entre duas situações – quando as similaridades são percebidas ou novas são criadas – e o outro com a previsão de futuras relações entre duas situações baseadas nas similaridades conhecidas. Estes dois usos de analogias normalmente não são diferenciados, mas são de importância crítica para este estudo, já que são separados por um abismo epistemológico.

Com a função explicativa, todas as relações físicas, estruturais e funcionais entre o análogo e o alvo são apresentados para os estudantes, o que tornaria o processo mais expositivo e menos interativo.

Usando a função gerativa, algumas das relações seriam apresentadas e os estudantes seriam convidados a explorar e descobrir outras relações.

Estas estratégias poderiam ser utilizadas tanto para conceitos abstratos quanto para os concretos. Entretanto para Lawson (1993), existem dois tipos de conceitos científicos:

Conceitos descritivos: são conceitos para os quais existem exemplares perceptíveis no ambiente, como a ideia de formas geométricas, sólidos, líquidos, gases ou variação fenotípica. Para este caso, exemplos perceptíveis podem ser encontrados no ambiente e usados para auxiliar na compreensão pelos estudantes.

Conceitos teóricos: o significado destes conceitos não podem ser baseados em percepções de objetos, eventos ou fatos.

a estratégia analógica de instrução consiste em uma modalidade de explicação, onde a introdução de novos conhecimentos por parte de quem ensina, se realiza a partir do estabelecimento explícito de uma analogia com um domínio de conhecimento mais familiar e melhor organizado, que serve como um marco referencial para compreender a nova informação, captar a estrutura da mesma e integrá-la de forma significativa na estrutura cognitiva. (Adrover e Duarte apud ANDRADE 2000)

Quando se trata de conceitos teóricos esta abordagem é especialmente útil, já que exemplos perceptíveis de átomo, bóson ou genes não são encontrados no ambiente, eles são criados por cientistas como parte de sistemas conceituais explicativos (teorias). O conceito de átomo, não pode ser experimentado diretamente no ambiente. Contudo, por meio de relações analógicas, com esferas de diferentes tamanhos podem ser experimentadas no ambiente, como bolas de gude, frutas esféricas, etc. Assim, definir átomos como esferas de tamanhos diferentes, deve ajudar os estudantes a ter uma ideia inicial do comportamento dos átomos.

4 Analogias: um recurso didático no ensino de ciências

O uso do recurso analógico no ensino pode ajudar não somente na mudança conceitual, mas também a desenvolver outras habilidades. Estabelecer semelhanças entre o análogo o alvo exige que hipóteses sejam criadas e informações comparadas e organizadas, como função gerativa já discutida. A seleção de semelhanças significativas e a desconsideração das menos evidentes requer uma atitude crítica dos participantes. Aspectos perceptivos e imaginativos também são fundamentais na seleção das características comuns entre os objetos análogo e alvo, além de ser motivador, potencializa a aprendizagem por descoberta.

O uso do raciocínio analógico na psicologia cognitiva pode ser organizado de duas maneiras, segundo Dagher (1995): estrutural e de processamento de informação.

A organização estrutural é baseada na epistemologia genética de Piaget, conforme discutido na seção 2.1. No estágio pré-operatório crianças utilizam habilidades associativas, relações estruturais e de aparência para apreender os novos objetos, mas demonstram dificuldades em entender analogias que são apresentadas por terceiros, como discutiremos adiante. No estágio operatório concreto as habilidades de pensar sobre as relações entre os objetos serão maiores, mas só estarão concretizadas no estágio operatório formal.

Já a organização em relação ao processamento de informação apresentado por Gentner (1983) baseia-se na realização de inferências gerativas, em que o mapeamento estrutural estabelece as similaridades e possibilita que novas ideias possam ser inferidas sobre o tema. A organização baseada no mapeamento estrutural apresenta as relações de similaridades em objetos distintos, em que ficam claras as propriedades de semelhança e diferença entre os dois objetos. Na seção 4.2 daremos um exemplo deste tipo de mapeamento.

4.1 Estratégias para incorporação de analogias no ensino

Discutiremos agora os tipos de relações analógicas apresentadas na seção 3.2.1, também apresentaremos alguns dos resultados da pesquisa realizada por Curtis e Reigeluth (1984) em livros didáticos.

I) Tipo de relação analógica

Existem duas principais formas com que o análogo e o alvo se relacionam.

A primeira foi chamada de relação estrutural, na qual a principal relação é a aparência física e similaridades estruturais, como por exemplo quando se compara uma célula com um cômodo, contendo teto, chão e quatro paredes.

A segunda forma é a relação funcional, onde a função compartilhada entre o análogo e o alvo são o foco, neste caso a célula poderia ser comparada com uma cidade e suas diferentes construções, vias de transporte e limites físicos.

Uma terceira relação analógica poderia ser considerada quando tanto a função quanto a estrutura são fatores relevantes na comparação. Segundo Ball (2002) o cientista Franz Hofmeister em 1901 comparou uma célula à uma fábrica, em que as diferentes máquinas seriam as organelas que, a partir de matéria prima, produzem produtos mais complexos.

Segundo a pesquisa realizada por Curtis e Reigeluth a maior parte das analogias encontradas nos livros didáticos analisados eram do tipo funcional (70%), com as relações do tipo estrutural-funcional representando apenas 5% do total.

II) Condição

Outra forma de classificar o análogo e o alvo seria se estes são concretos ou abstratos. A grande parte das analogias encontradas (82%) foram do tipo concreto-abstrato, já que um de seus principais propósitos é explicar tópicos abstratos e de difícil entendimento. Casos do tipo da analogia feita por Hofmeister, concreto-concreto, representaram 12% do total.

III) Posição

A posição da analogia na sequência didática também é um fator importante a ser considerado, pois ela pode fazer o papel de organizador prévio e propiciar a aprendizagem significativa, como citado por Moreira (2013):

O uso de *organizadores prévios* é uma estratégia proposta por Ausubel [...] para deliberadamente manipular a estrutura cognitiva [...] aprendizagem significativa é aquela na qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo de maneira substantiva e não arbitrária.

Quando apresentada no início da sequência didática na forma de organizador prévio, a analogia pode servir como uma forma de aproveitar conhecimentos prévios dos estudantes afim de propiciar a mudança conceitual, auxiliando na aprendizagem do conteúdo não familiar com o uso concepções já existentes. Somente a quarta parte das analogias pesquisadas em livros didáticos por Curtis e Reigeluth (1984) eram apresentadas no início, como organizador prévio.

A relação analógica também pode ser apresentada em um momento durante o processo de ensino, quando os conceitos apresentados se tornarem muito abstratos ou difíceis para os estudantes. Neste caso Reigeluth classificou esta relação como um *ativador incorporado*.

Quando aplicado ao final da sequência didática a relação analógica teria a função de sintetizar e fixar os conteúdos e relações que deveriam ter sido aprendidos durante o processo.

IV) Nível de detalhamento

Uma *analogia simples* costuma ser utilizada quando o análogo é muito bem conhecido pelo estudante; neste tipo de relação analógica as estruturas de similaridade não são detalhadas, pois se considera que o receptor já as conhece.

Em uma *analogia detalhada* é explicado que tipo de relação pretende se fazer entre o análogo e o alvo, em que as similaridades e diferenças devem ser claramente discutidas. Quando mais de um análogo são utilizados na tentativa de explicar um conceito alvo, esta relação foi chamada de analogia estendida. Na pesquisa realizada nos livros didáticos a maior parte das analogias encontradas foi a do tipo detalhada (80%) e as do tipo estendida (13%). Segundo os autores, as analogias do tipo simples são mais comuns na comunicação oral.

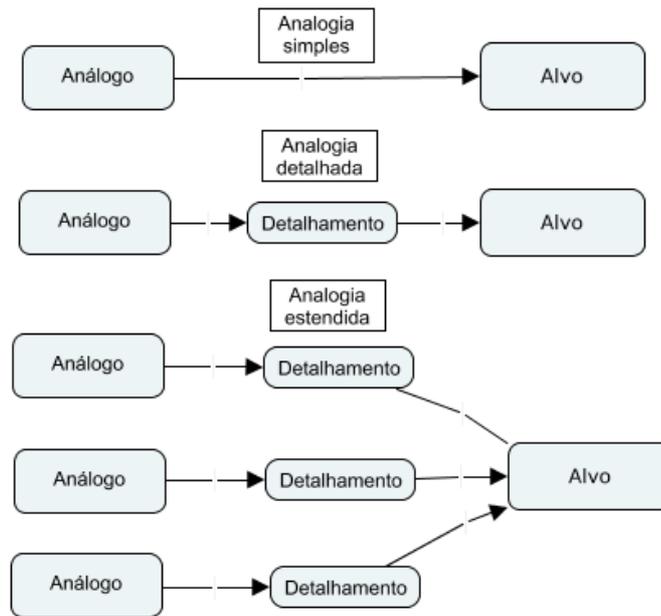


Figura 4: Nível de detalhamento das analogias.

4.2 Propostas de ensino por analogia em Física

Nas ciências Físicas as relações analógicas são abundantes, tanto no ensino quanto na construção de novas teorias. Como observado por Clement (1998), o raciocínio analógico foi usado para a construção de renomadas teorias científicas, como por exemplo a teoria para o movimento dos corpos, proposta por Isaac Newton e Robert Hook no século XVII.

Exemplo 4.1 A proposta de que a Lua cai em direção a Terra da mesma forma que os outros objetos na superfície terrestre, assume que o mesmo mecanismo causal é responsável pelo movimento da Lua e a queda da maçã.

Exemplo 4.2 Um outro exemplo encontrado nos trabalhos de Newton é a situação hipotética onde um canhão no topo de uma montanha dispara vários projéteis, cada vez com maior velocidade. Esta experiência mental faz uma ponte entre o fato imaginado e o análogo, estando entre a situação do projétil (ou a maçã) em queda livre e a situação da Lua em órbita ao redor da Terra. Para um pesquisador moderno a analogia pode parecer lógica e intuitiva, mas é muito criativa quando se considera o paradigma da época, em que a relação entre objetos terrestres e corpos celestes

era vista pela maioria das pessoas somente sobre a óptica do raciocínio mitológico ou religioso. Este tipo de relação é utilizada por Newton em Principia(1687):

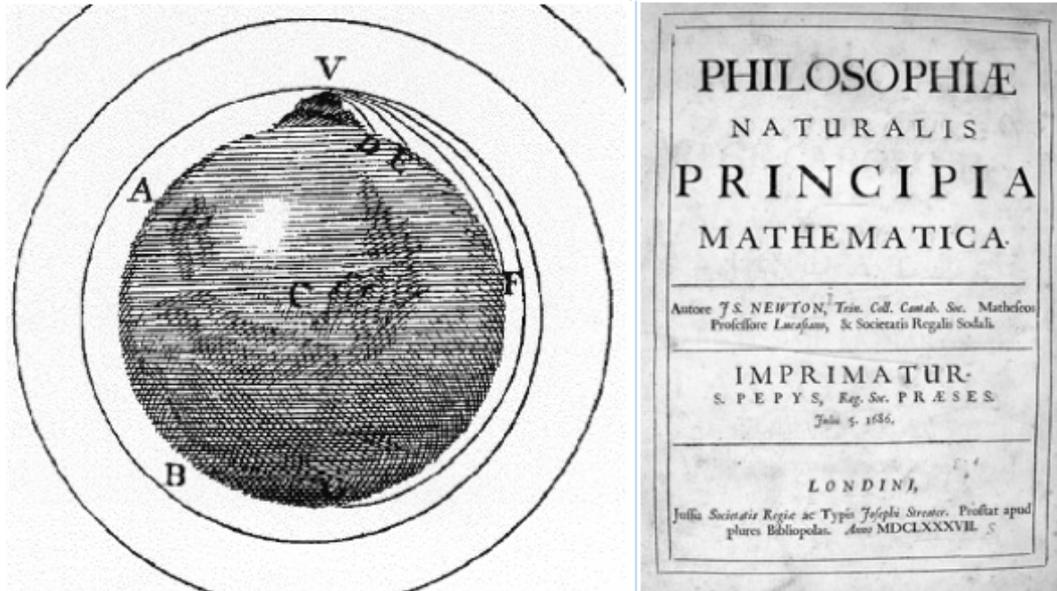


Figura 5: Ilustração de um canhão disparando do topo de uma montanha e sobrecapa do Principia(1687)

A tabela indica uma proposta de mapeamento para um outro exemplo de aplicação de analogias em ciências físicas. A relação estrutural entre o modelo clássico de átomo e o modelo de sistema solar.

Característica mapeada	Sistema solar (análogo)	Estrutura atômica clássica (alvo)
Objetos	Sol e planetas	Núcleo e elétrons
Propriedades	Massa e distância	Carga, massa e distância
Relações simples	Planeta: circula o Sol Sol: maior massa Sol: atrai os planetas	Elétron: circula o Núcleo Núcleo: maior massa Núcleo: atrai os elétrons
Relações complexas	Lei de Newton Atração de massas Lei da ação e reação	Lei de coulomb Atração/repulsão de cargas Lei da ação e reação

Tabela 2: Mapeamento estrutural entre sistema solar e modelo atômico clássico.

4.3 Propostas de ensino por analogia em Matemática

Em matemática muitos dos assuntos tratados são de natureza abstrata, o uso de análogos concretos é muito útil quando o conceito alvo é de difícil entendimento. O uso de analogias simples é muito comum quando se trata do ensino de geometria, o que é mais incomum no caso das relações algébricas. Nestes casos o raciocínio por analogia é de maior eficácia. Apresentaremos alguns exemplos desse tipo de raciocínio:

Exemplo 4.3

Os números triangulares, são definidos como o número de pontos que são necessários para formar uma sequência de triângulos: 1, 3, 6, 10,...

Um número triangular $T(n)$ é igual à soma dos n primeiros inteiros positivos.

De fato; $T(1) = 1$; $T(2) = 3 = 1 + 2 = T(1) + 2$; $T(3) = 6 = (1 + 2) + 3 = T(2) + 3$; $T(4) = 10 = (1 + 2 + 3) + 4 = T(3) + 4$, etc.

Generalizando, obtemos uma equação discreta de primeira ordem não homogênea como Chiconello (2013) aplicou no Ensino Médio:

$$T(n) = T(n - 1) + n$$

para n maior ou igual a 1, cuja solução representa os números triangulares. Da mesma forma, um número n é a diferença entre dois números triangulares consecutivos:

$$T(n) \text{ e } T(n - 1): \quad n = T(n) - T(n - 1).$$

Os estudantes podem ser levados a verificar que os números triangulares estão dispostos na terceira diagonal do triângulo de Pascal e provar algebricamente que todo número quadrado é a soma de dois números triangulares sucessivos.

De fato, considerando o n -ésimo número triangular $T_n = 1 + 2 + 3 + \dots + n$, ele é escrito como a soma da progressão aritmética de primeiro termo $a_1 = 1$ e $a_n = n$ e razão igual a 1, donde:

$$T_n = 1 + 2 + 3 + \dots + n = n \left(\frac{n + 1}{2} \right) = \frac{n(n + 1)}{2}$$

Para obter esses resultados, pode-se partir da representação geométrica, como indicado na figura 6.

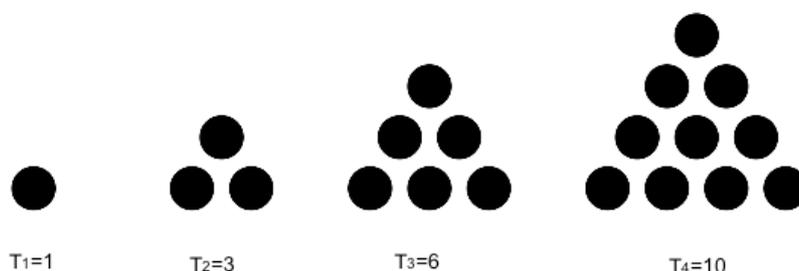


Figura 6. Números Triangulares

Por analogia, podemos explorar os números figurados espaciais, como Números Piramidais e suas propriedades:

$$P_n = \sum_{k=1}^n k^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} = \frac{2n^3+3n^2+n}{6} = \frac{n^3}{3} + \frac{n^2}{2} + \frac{n}{6}, \text{ para } n \text{ maior que ou igual a } 1.$$

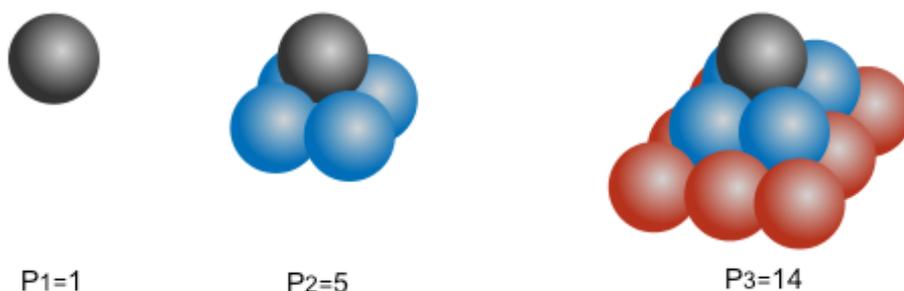


Figura 7 Números Piramidais. <http://courseware.cemc.uwaterloo.ca/8/assignments/72/8>

No espaço tridimensional, como em Gullberg (1997), também podemos explorar os números poliédricos como os Tetraédricos: 1, 4, 10, 20,... obtidos passo a passo, representando o número de pontos necessários para construir uma sequência de tetraedros, cujas bases da pirâmide e seções paralelas são triangulares e, portanto, constituídas por números triangulares, satisfazendo

$$Te(n) = \sum_{i=1}^n T_i = \frac{n(n+1)(n+2)}{6},$$

em que $Te(n)$ é o n -ésimo número tetraédrico e T_i o i -ésimo número triangular como na Figura 6.

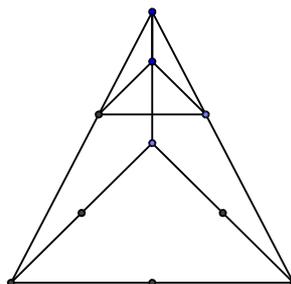


Figura 8: Número tetraédrico: $Te(3) = 10$

Podemos observar também que os números tetraédricos aparecem localizados na quarta diagonal do triângulo de Pascal.

Outros exemplos podem ser vistos no apêndice.

4.4 Limitações e obstáculos no uso de analogias

Um dos principais problemas apontado por vários dos trabalhos pesquisados quanto ao uso de recursos analógicos acontece quando o estudante não está familiarizado com os conceitos e estrutura do objeto ou caso usado como análogo. Se o aluno não entender, ou entender de forma equivocada as similaridades entre o análogo e o alvo, conceitos alternativos podem ser criados ou reforçados.

Outro problema que pode ser apontado no uso de analogias ocorre quando os alunos se prendem a detalhes da analogia e não conseguem fazer a transposição para as novas concepções, é importante que a analogia não seja tomada por objeto de conhecimento Oliva (et al., 2001, p.465). Uma das possíveis soluções apontadas seria o uso de analogias de forma gerativa, de forma que os alunos possam avaliar e discutir as similaridades, como apontado em 3.3.

Outro ponto importante, observado por Clement (1993), é quando o salto conceitual entre o conceito análogo e o conceito alvo é grande. Nesta situação, a aprendizagem ou mudança conceitual é dificultada pela falta de conhecimento prévio ou uma habilidade específica. O conhecimento do conceito análogo não é condição suficiente para propiciar o entendimento do conceito alvo, existem conhecimentos prévios necessários que são independentes da relação analógica.

O conhecimento das concepções prévias dos estudantes sobre um assunto deve ser complementada também com o de seus interesses e experiências. Segundo Dagher (1995), experiências negativas com o análogo, com eletricidade

por exemplo, podem causar uma atitude negativa em relação ao uso do recurso analógico. Esta atitude relembada pelo análogo poderia interferir no processo de ensino.

É importante também atentar ao estágio de desenvolvimento em que se encontram os estudantes com os quais as analogias serão utilizadas, de acordo com a organização estrutural mencionada na seção 4. Crianças muito novas podem criar suas próprias relações análogas. Gentner (1990, p. 2) dá o exemplo de uma criança com 15 meses que aponta uma laranja e fala “Lua”, ou de outra de 2 anos que associa a Lua crescente com uma banana. Mas em outro caso que uma de 4 anos é questionada “Uma pessoa pode ser doce” a reação é literal. A conclusão é que crianças podem gerar suas próprias analogias mas têm dificuldade de entender analogias geradas por terceiros. Como mencionado por Gentner (apud Piaget, 1958) somente após o estágio operatório formal os indivíduos poderão compreender completamente este tipo de relação.

Também é válido ressaltar que alunos que apresentam o transtorno do espectro autista estão presentes hoje nas salas de aula de ensino regular, e os aspectos de comunicação e linguagem não os permite compreender as relações analógicas de forma plena, como indicado por Ferreira (2015).

É importante cuidado com o uso equivocado e descuidado de relações análogas, que além de poderem fortalecer concepções prévias inadequadas, podem criar obstáculos epistemológicos. Estes obstáculos, como mencionado em 2.2, podem causar a lentidão ou até a estagnação no avanço do saber.

5 Conclusão

Apesar de termos constatado divergências entre vários autores, o que parece emergir é a ideia de que o processo cognitivo associado a analogia é baseado no raciocínio analógico, podendo envolver várias das competências cognitivas. A utilização dessas propicia que a analogia estruture a compreensão conceitual pela obtenção de novos significados, promovendo o desenvolvimento cognitivo.

Acreditamos que a apresentação de ideias de modo teórico, formal e abstrato; ou o uso da prática somente como confirmação de teorias apresentadas de forma dogmática não favorece a aprendizagem. O uso de recursos analógicos pode propiciar mescla de conteúdos intuitivos e concepções cotidianas com os não intuitivos e abstratos.

Assim, se o racionalismo deriva tudo do pensamento e o empirismo deriva tudo da experiência, devemos contrapor a ambos os resultados da psicologia que apontam para uma mescla de conteúdos intuitivos e não-intuitivos na consciência, para uma atuação conjunta de fatores racionais e empíricos no conhecimento humano. (HESSEN, 2000, p. 47)

Também acreditamos nas capacidades integradoras destes recursos, a multidisciplinaridade tem sido tema recorrente no Parâmetros Curriculares Nacionais e se apresenta como uma tendência mundial na reforma do ensino.

Inicialmente Bachelard mostra-se contrário à tentativa de estabelecer no ensino pontes imaginárias entre o conhecimento comum, ou conhecimento prévio, e o conhecimento científico, propondo a total ruptura com os conhecimentos cotidianos.

“que as crianças desenvolvem ideias sobre o seu mundo, desenvolvem significados para as palavras usadas em ciência e desenvolvem estratégias para obterem explicações sobre o “como” e o “porquê” dos fenômenos, muito antes da ciência lhes ser formalmente ensinada.” (Osborne & Wittrock, apud Santos, 1991, p. 91).

O uso de analogias pode ser um recurso para partir destes conhecimentos informais para os conhecimentos científicos formais.

Algumas das potencialidades para defender a utilização das analogias no ensino das ciências e matemática:

1. Levam à ativação da percepção, organizam o raciocínio analógico e desenvolvem capacidades cognitivas como a criatividade e a tomada de decisões;
2. Tornam o conhecimento científico mais inteligível e plausível, facilitando a compreensão e visualização de conceitos abstratos, podendo promover o interesse dos alunos no processo de ensino e aprendizagem;
3. Constituem um instrumento poderoso e eficaz no processo de facilitar a evolução ou a mudança conceitual;
4. Permitem que os alunos percebam de uma forma mais evidente as eventuais concepções alternativas;

Percebemos durante a pesquisa que a maioria dos trabalhos, na área do uso de analogias no ensino, nos últimos anos se restringem a revisão bibliográfica e estudo de alguns casos específicos. Uma análise dos livros didáticos na área de matemática para a criação de novas propostas de práticas e exemplos de utilização seria uma opção para futuras pesquisas.

Referências

ANDRADE, B.L., ZYLBERSZTAJN, A. & FERRARI, N. Analogias e metáforas no Ensino de Ciências à luz de Gaston Bachelard. *Ensaio*, 2, 231-245, 2000.

AUSUBEL, D. P. The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of educational psychology*, v. 51, n. 5, p. 267, 1960.

BACHELARD, G. **O novo espírito científico**. Lisboa: Edições 70, 1986.

BACHELARD, G. *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: J. Vrin, 1947. Tradução por Estela dos Santos Abreu. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BALL, P. Natural strategies for the molecular engineer. *Nanotechnology*, v. 13, n. 5, p. R15, 2002.

BLAGA, L. *O experimento e o espírito matemático*. São Paulo: É Realizações, 2014.

BRASIL, *Orientações Curriculares para o ensino médio; Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC, 135 p, 2006.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais; Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica.- Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2002.

BROWN, D.; CLEMENT, J. Overcoming misconceptions via analogical reasoning: abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.

CARLOS, F. ; CARLOS, P. Ensinar é apenas ajudar a aprender *Gazeta de Física* vol. 26 fasc.1 pag. 18, 2003

CHICONELLO, L. A., "Números Figurados e as sequências recursivas: uma atividade didática envolvendo números triangulares e quadrados", Dissertação de Mestrado, UFSCar, 2013.

CLEMENT, J. Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. **Journal of research in science teaching**, v. 30, n. 10, p. 1241-1257, 1993.

CLEMENT, J. J. EXPERT Novice similarities and instruction using analogies. School of Education, University of Massachusetts, Amherst, v.20 n.10 p.1271-1286.

CUNHA, ANA M. DE OLIVEIRA. (1999). A mudança conceitual de professores num contexto de educação continuada. 1999. 479f. tese (doutorado em educação/ensino de ciências e matemática) - Universidade de São Paulo, São Paulo/Bra.

CURTIS, R. V; REIGELUTH, C. M. The use of analogies in written text. **Instructional Science**, New York, v. 13, n. 2, p. 99-117, 1984.

DAGHER, Z. R. Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. **Science education**, v. 79, n. 3, p. 295-312, 1995.

DAGHER, Z. R. The case for analogies in teaching science for understanding. **Teaching science for understanding: A human constructivist view**, p. 195-211, 1998.

DE LA CONDAMINE, Charles-Marie. **Viagem na América Meridional descendo o rio das Amazonas**. Editora Pan-Americana, 1944.

DEWEY, J. **Democracy and education**. Project Gutenberg, 2008.

ERNEST, P. **The Philosophy of Mathematics Education**. London: Falmer, 1991

FONSECA, E. G.; NAGEM, R. A utilização de modelos, analogias e metáforas na construção de conhecimentos significativos à luz da teoria de Vygotsky. **II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. ISSN**, p. 2178-6135, 2010.

FERREIRA, S.; COMPIANI, M. A complexidade do ensino de ciências a partir da linguagem analógica para alunos com transtorno do espectro autista.

OLIVA, J. et al. Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 3, p. 453-470, 2001.

GENTNER, D. Metaphor as structure mapping: The relational shift. **Child development**, p. 47-59, 1988.

GIORDAN, A. VECCHI, G. As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos. porto alegre: artes médicas, 1996, 222p.

GULLBERG, J., Mathematics from the birth of number, W. W. Norton & Company, NY, (1997).

INDURKHYA, B. Metaphor and cognition. an interactionist approach. **Studies in Cognitive System**, Dordrecht: Kluwer,1992.

JAPIASSU H. Interdisciplinaridade e patologia do saber. Rio de Janeiro: Imago Editora; 1976.

JUNIOR, W. E. F. Analogias e situações problematizadoras em aulas de ciências: um livro paradidático como suporte à formação de professores. **XVI ENEQ/X EDUQUI**, 2013.

LEODORO, M. Relações entre a física e a matemática e suas implicações para a reformulação da educação científica. *Cad. Fís. UEFS*, 05, (01 e 02): 93-125, 2007 (33 páginas)

LOPES, A. R. C. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. *enseñanza de las ciências*, Barcelona, v. 11, n. 3, p. 248-274, 1993.

LUCIE, P. A gênese do método científico. 2. ed. rio de janeiro: campus, 1978

MAZUR, E. The problem with problems. **Optics & photonics news**. p. 59-60, Junho 1996

MOREIRA, M. A.; DE SOUSA, Célia MSG; DA SILVEIRA, Fernando L. Organizadores prévios como estratégia para facilitar a aprendizagem significativa. **Cadernos de pesquisa**, n. 40, p. 41-53, 2013.

MORIN, E. Introdução ao Pensamento Complexo. Tradução do francês: Eliane Lisboa - Porto Alegre: Ed. Sulina, 2005. 120 p.

ORTONY, A. Beyond literal similarity. **Psychological review**, v. 86, n. 3, p. 161, 1979.

PIAGET, J. O nascimento da inteligência na criança. 1ª edição coleção plural, outubro de 1986 Ribeiro. 2 ed. São Paulo: Edições 70, 1996.

RIVELLI, H. LEMGRUBER, M. Bachelard e Perelman: Um intertexto sobre o uso de analogias no ensino de ciências. II simpósio nacional de ensino de ciência e tecnologia, artigo 166. 2010.

SANTOS, B. S. Um discurso sobre as ciências. 5ª. São Paulo: Cortez, 2008.

SANTOS, W. T. Analogias e Metáforas: Pontes para o Conhecimento. **Seminário de Cognitivismo, Pedagogia e Informática**, 1998.

SILVEIRA, F. A filosofia de Karl Popper e suas implicações no ensino da ciência. **Caderno catarinense de ensino de física. Florianópolis. Vol. 6, n. 2 (ago. 1989), p. 148-162**, 1989

TEIXEIRA, R. R. ; PEREIRA, R. G.; TAKEUCHI, M. Y. A Distribuição Normal e a Quincunx, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 25, n. 2: p. 340-353, ago. 2008.

THIESEN, J. S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. Rev. Bras. Educ. vol.13 no.39 Rio de Janeiro dez. 2008.

Apêndice A – Tábua de Galton

“Quanto maior a multidão e maior a anarquia aparente, mais perfeita é sua variação. E a lei suprema da desrazão. Em qualquer lugar onde uma grande amostra de elementos caóticos seja colhida e escalonada segundo a sua magnitude, uma forma de regularidade insuspeitada e das mais belas prova ter estado latente todo o tempo. Os pontos mais altos da fileira escalonada formam uma curva harmoniosa de proporções invariáveis; e cada elemento, ao ser posicionado, encontra como que um nicho predeterminado, cuidadosamente adaptado para contê-lo”. Francis Galton(1822-1911)

Galton nasceu em Sparbrook, na Inglaterra e foi primo de Charles Darwin. O avô de ambos, Erasmus Darwin, influenciou decisivamente na sua formação, sobretudo pela sua participação na Sociedade Lunar de Birmingham que congregava muitos cientistas. (TEIXEIRA, 2008)

Galton projetou um aparelho experimental conhecido como "quincunx" (figura 9) ou Tábua Galton.

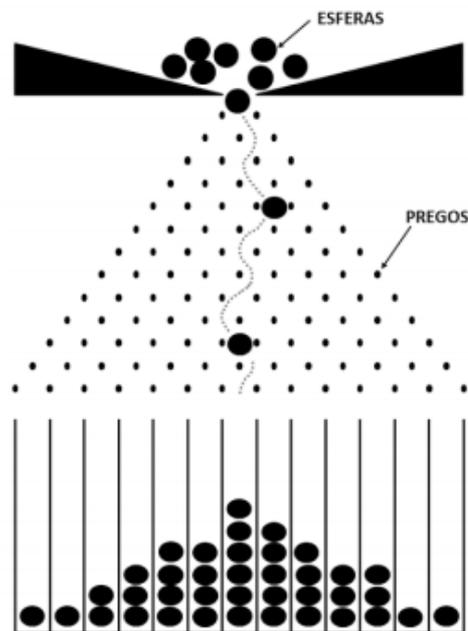


Figura 9: Tábua Galton.

Este aparato é um modelo físico da teoria dos erros, e conclui-se que foi inicialmente concebido para aplicações em fenômenos no campo da Biologia e da Física. Encerrada atrás de um vidro, havia uma seção transversal de um funil que se abria para um arranjo de obstáculos dispostos a intervalos iguais, com compartimentos verticais abaixo dos obstáculos. Pequenos objetos, idealmente esferas equivalentes, deveriam ser abandonadas pelo funil, e se distribuir, aleatoriamente, entre os compartimentos abaixo

Na teoria de Galton, as perturbações aleatórias eram independentes da natureza. No final do processo, eles se acumulavam nos compartimentos inferiores em pilhas que lembram uma curva normal. Galton chamou esse fenômeno de lei do desvio. Ele acreditava que as causas que atuavam sobre uma característica herdada, tais como a altura, eram um "exército de influências perturbadoras insignificantes" (representadas pelos pinos) e que a lei do desvio genético era puramente numérica e seguia universalmente a lei genérica da distribuição normal

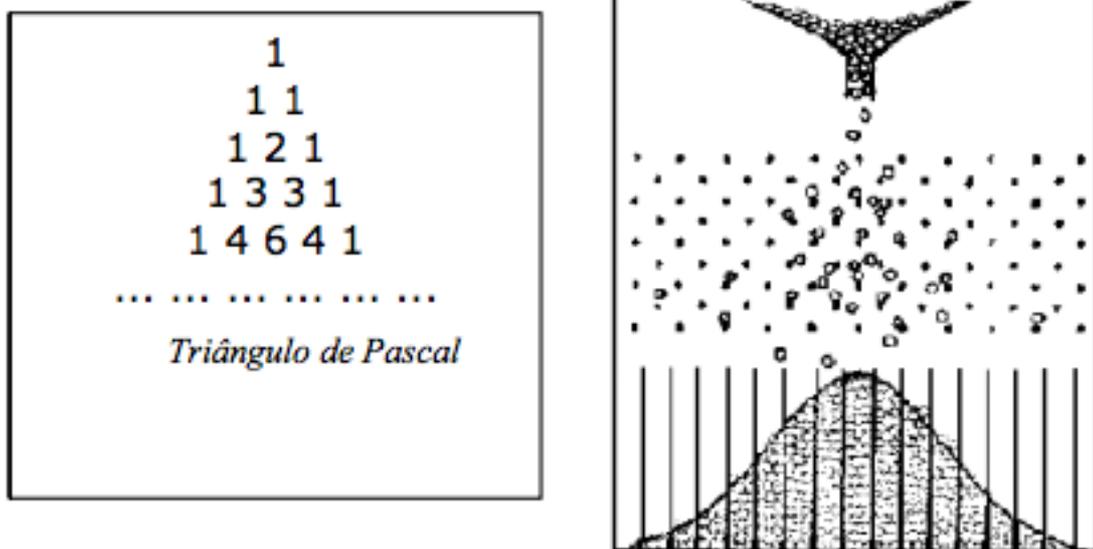


Figura 10: Triângulo de Pascal (à esquerda) é uma distribuição estatística obtida a partir de um aparelho como o quincunx (à direita) (TEIXEIRA, 2008)

Como indicado nas Orientações curriculares para o ensino médio:

“...possibilita aos alunos ampliarem e formalizarem seus conhecimentos sobre o raciocínio combinatório, probabilístico e estatístico. Para dar aos alunos uma visão apropriada da importância dos modelos probabilísticos no mundo de hoje, é importante que os alunos tenham oportunidade de ver esses modelos em ação. (OCEM, 2006 Pág. 78)

Posteriormente a relação analógica com a distribuição de probabilidade binomial poderá ser abordada para alunos do Ensino Médio. Para alunos do ensino fundamental, a atividade poderá ser limitada a uma abordagem somente probabilística, juntamente com a construção do objeto educacional indicada no Anexo A, onde conceitos de geometria plana e de plano cartesiano podem ser trabalhados.

A Probabilidade pode ser estudada e compreendida isoladamente, sem formalização matemática da Estatística. Os Parâmetros Curriculares Nacionais da Educação Básica destacam essa diferença :

A Estatística e a Probabilidade devem ser vistas, então, como um conjunto de ideias e procedimentos que permitem aplicar a Matemática em questões do mundo real, mais especialmente aquelas provenientes de outras áreas. (BRASIL, 2002, p. 126)

Essa abordagem tem a vantagem de evitar a necessidade de apresentar o algoritmo dessas funções, isto é, suas fórmulas. Por outro lado dificulta a compreensão e reforça a confusão entre estatística e probabilidade, ou seja, entre a realidade e o modelo dessa realidade.

O estudo da aproximação normal da distribuição binomial tem importante valor teórico e prático:

- A importância teórica reside no fato de que vários outros modelos probabilísticos, tanto discretos quanto contínuos, podem ser representados pelo modelo normal quando satisfeitas algumas condições de convergência.

- Sua importância prática reside no fato de que muitos fenômenos ou variáveis naturais tem um comportamento que segue esse modelo, que desempenha um papel preponderante na inferência estatística uma vez que distribuições das médias de amostras de populações normais são normais e à medida que o tamanho da amostra aumenta, a distribuição da média de uma amostra retirada de qualquer distribuição original tende à normalidade. É importante salientar que probabilidade de uma distribuição de probabilidade binomial é uma aproximação da curva normal.

Anexo A Atividades

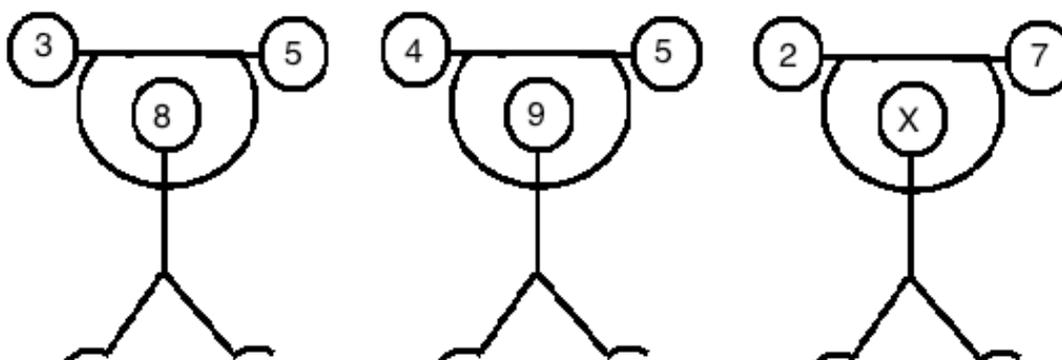
ATIVIDADE 1 : Analogia com Desafios Numéricos

Série: Séries iniciais do Ensino Fundamental

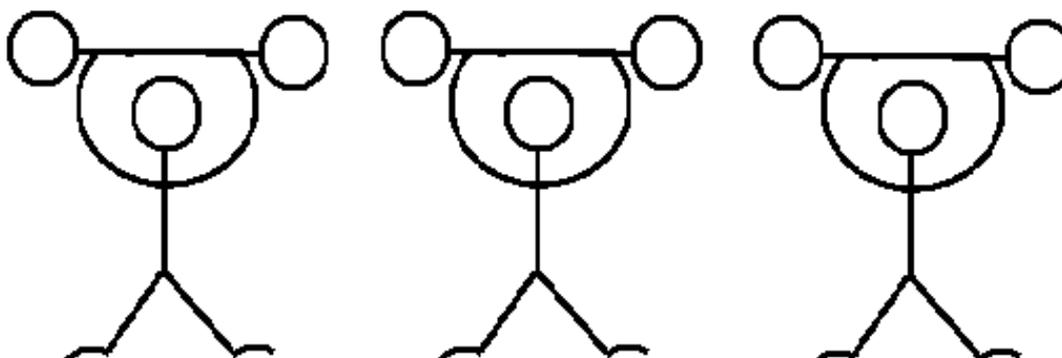
Objetivo da atividade: A partir de alguns modelos conhecidos sobre a distribuição de alguns números numa figura obter os valores correspondentes em outra figura semelhante com números distintos usando padrões ou operações matemáticas análogas. Habilidade de realizar operações matemáticas e visualizar analogias em padrões numéricos.

Procedimentos: Observar os padrões e/ou sequências de números em uma ou mais figuras e determinar alguns valores desconhecidos correspondentes numa figura semelhante.

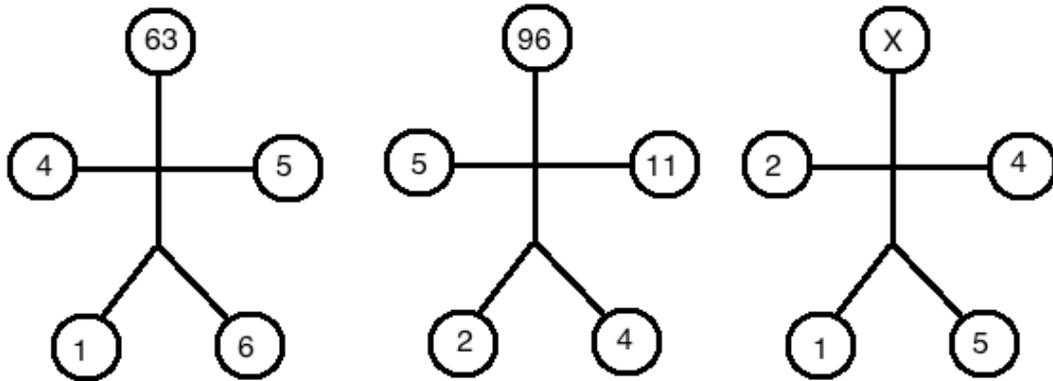
1. Observando a distribuição dos números nas duas primeiras figuras, complete a terceira figura da direita com o valor numérico correspondente.



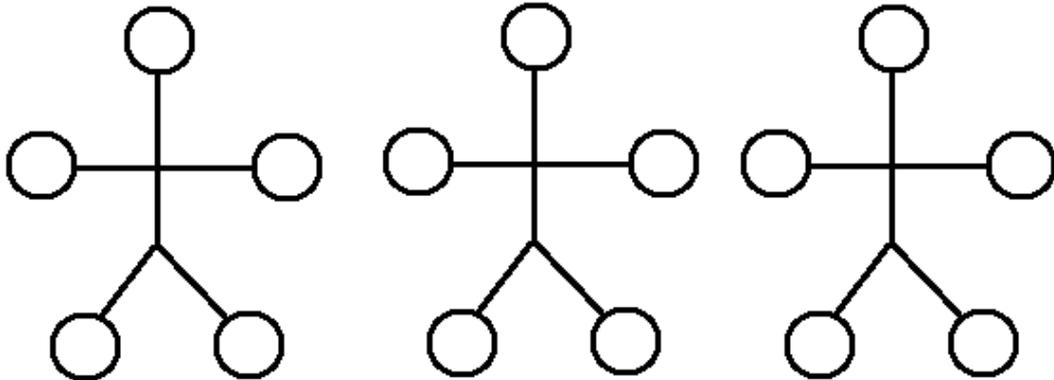
2. Elabore você um desafio análogo ao do item 1 com a mesma configuração



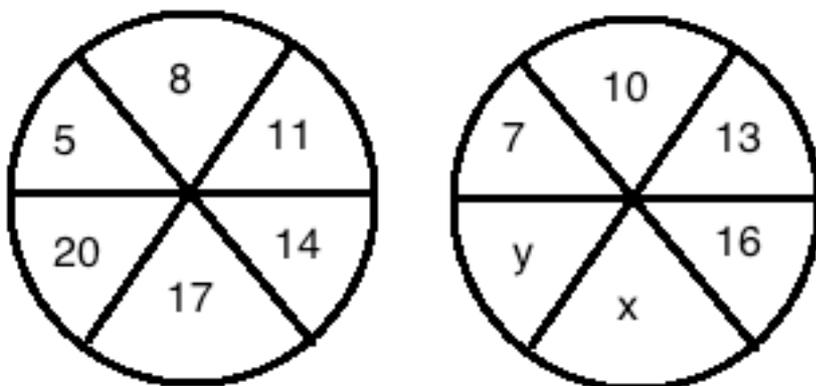
3. Observando a distribuição dos números nas duas primeiras figuras, complete a terceira figura da direita com o valor numérico correspondente.



4. Elabore você um desafio análogo ao do item 1 com a mesma configuração



5. Desafio: Observando a distribuição dos números na primeira figura, descubra o valor de x multiplicado por y .



6. Elabore você um desafio análogo com a configuração a seguir e pense num padrão diferente dos anteriores.

Anexo B: Resumo das contribuições teóricas

Teoria	Tópicos ou Contribuições	Fontes/Referências
<i>Epistemologia Genética</i>	Adaptação, Equilíbrio Assimilação Estágio Abstração Reflexiva	Piaget (1986) Moreira(1999)
<i>Ruptura Epistemológica</i>	Descontinuidade Ruptura epistemológica Obstáculo epistemológico	Bachelard (1996) Lopes (1993)
<i>Fragmentação no ensino</i>	Fragmentação dos saberes Multidisciplinaridade	Japiassu (1976) Morin (2005)
<i>Tipos de raciocínio</i>	Dedutivo Indutivo Analógico	Ernest (1991) Silveira (1989)
<i>Analogias no ensino</i>	Tipo de relação Função da relação Estratégia de incorporação Limitações	Reigeluth (1984) Curtis & Duit (1991) Gentner (1988) Dagher (1995)

Tabela 4: Resumo das contribuições teóricas