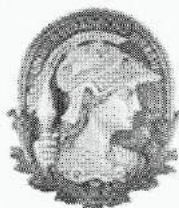


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO



INSTITUTO DE FÍSICA

LICENCIATURA EM FÍSICA

PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA

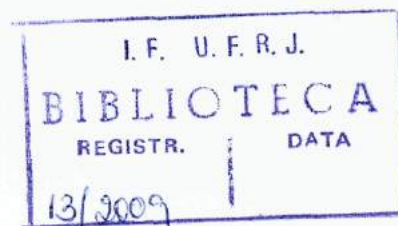
**AVALIAÇÃO FORMATIVA NO ENSINO DE FÍSICA: UMA
ABORDAGEM PRAGMÁTICA**

LEONARDO RAMOS VASCONCELOS

Orientadora: Ligia Moreira

RIO DE JANEIRO
-2009-

13/2009



Dedico este trabalho a todos aqueles que acreditam que uma educação melhor não só é possível como necessária.

AGRADECIMENTOS

À minha companheira Danielle Sodré Lima Barros, pelo seu apoio incondicional em todos os momentos de hesitação e pelas inúmeras críticas que ajudaram a lapidar este trabalho.

À minha mãe Sonia Imaculada Ramos pela confiança inabalável depositada na minha pessoa.

Aos meus amigos, Rafael Oliveira da Silva e Aluizio de Almeida Cruz por compartilharem parte da minha jornada, inclusive lutando as mesmas batalhas.

À professora Dra. Ligia Moreira pelas orientações recebidas e pela enorme disposição em me ajudar.

À professora Dra. Deise Miranda Vianna por dois semestres de ricas experiências em avaliação e instrumentação do ensino.

Aos meus superiores hierárquicos e colegas de trabalho da Caixa Econômica Federal por compreenderem as demandas de uma dupla jornada e me auxiliarem com o que fosse possível.

“Uma fonte básica dos mal-entendidos que cercam as avaliações do trabalho do estudante reside no fato de que normalmente tais avaliações têm conseqüências vitais para quem está sendo avaliado, embora não tenha tais conseqüências para quem está avaliando.”

Steven M. Cahn

RESUMO

VASCONCELOS, Leonardo Ramos. Avaliação formativa no ensino de física: uma abordagem pragmática. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2009. Monografia.

A presente monografia apresenta uma discussão sobre o papel que a avaliação desempenha hoje no ensino e como ela pode ser inserida de maneira mais produtiva na educação. Discute-se o paradigma da avaliação formativa assim como as evidências a favor da adoção dessa metodologia. É delimitada uma abordagem pragmática de avaliação formativa centrada em testes com *feedback* com o objetivo de atender o professor de física do ensino médio. Parte da estratégia é aplicada numa turma de ensino médio da rede pública estadual e os resultados da prática são analisados criticamente.

Palavras-chave: Avaliação – Avaliação formativa – Avaliação somativa – *Feedback* – Prática guiada.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
1. METODOLOGIA.....	2
2. O LEGADO HISTÓRICO DA AVALIAÇÃO	5
2.1 Dos Jesuítas a Frederick Taylor.....	5
2.2 Os Pensadores Clássicos.....	7
2.2.1 Ralph Tyler	8
2.2.2 L.J. Cronbach.....	9
2.2.3 Michel Scriven.....	9
2.2.4 Daniel L. Stufflebeam.....	10
2.2.5 Robert Stake.....	11
3. NOVAS PERSPECTIVAS SOBRE A AVALIAÇÃO	13
3.1 Uma nova teoria da avaliação.....	13
3.2 As evidências a favor da avaliação formativa	18
4. DEFINIÇÃO DE DIRETRIZES	22
5. APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	28
5.1 Aplicação	28
5.2 Análise dos Resultados	33
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

INTRODUÇÃO

O modelo tradicional de avaliação tem sido usado muito mais para classificar e para excluir alunos do que contribuir com o desenvolvimento de suas aprendizagens. Dependendo da maneira como é concebida a avaliação, ao invés de ajudar a superar obstáculos, pode se tornar ela própria um obstáculo a ser superado.

Para compreender melhor a avaliação em seu estado atual e como podemos melhorá-la, trabalhou-se tentando responder algumas perguntas: Como chegamos ao modelo tradicional de avaliação? O que há de errado com ele? Como podemos melhorá-lo? Qual pode ser o primeiro passo?

Um levantamento da história da avaliação, desde os jesuítas até os considerados “pensadores clássicos da avaliação”, ajudará a perceber o legado que transpassou gerações e ainda se faz presente nos dias de hoje.

A crítica do tradicional processo avaliativo é pautada em importantes teóricos de âmbito nacional e internacional. Através deles faz-se uma análise do papel que a avaliação deveria exercer na educação, redefinindo seu significado e construindo uma nova proposta de trabalho: a avaliação formativa.

Bem mais que um modismo pedagógico ou um discurso ideológico bem intencionado, a avaliação formativa tem uma gama de evidências que depõem a seu favor e se fez absoluta questão de apontá-las. Além disso, procurou-se fazer uma ponte entre a pesquisa e a aplicação efetiva numa sala de aula de física, numa escola estadual de ensino médio do Rio de Janeiro.

Longe de apresentar métodos utópicos que só funcionam na mente de seus proponentes, primou-se aqui pelo pragmatismo, buscando alternativas inteligíveis e relativamente simples. Devidamente embasadas, tais alternativas podem ser de real serventia para o professor de física.

1. METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho consistiu, primeiramente, na revisão bibliográfica de teóricos com contribuições relevantes ao estudo da avaliação: Philippe Perrenoud, Charles Hadji, Jussara Hoffmann, Cipriano Luckesi e Domingos Fernandes. A análise dos pensadores clássicos da avaliação foi basicamente alicerçada em Heraldo Vianna, Clarilza Prado de Souza e Vânia Maria de Oliveira Vieira.

Levantou-se no estado da arte da pesquisa educacional artigos e trabalhos que indicassem a maior eficácia da avaliação formativa como ferramenta pedagógica ou contribuíssem para uma argumentação nesse sentido.

Grande parte das pesquisas educacionais consultadas usaram o método da metanálise que, grosso modo, consiste em combinar os resultados de vários estudos e determinar o efeito médio da técnica estudada. A metanálise é usada com maior frequência em pesquisas médicas, psicológicas e educacionais. Para quantificar a diferença entre o grupo testado e o grupo de controle, usa-se o tamanho de efeito.

O tamanho de efeito é uma medida da força do relacionamento entre duas variáveis, a título de ilustração, um tamanho de efeito igual a 1,0 significa que a média do grupo experimental é 1,0 de desvio padrão mais alto que a média do grupo de controle. Esta medida pode ser traduzida em ganhos percentuais. Ainda no mesmo exemplo, um tamanho de efeito de 1,0 significa que a média do grupo experimental foi 34% maior que a média do grupo de controle (Marzano et al, 2009).

O cálculo do tamanho de efeito é dado da seguinte forma:

$$TE = (Me - Mc) / DP$$

TE= tamanho de efeito

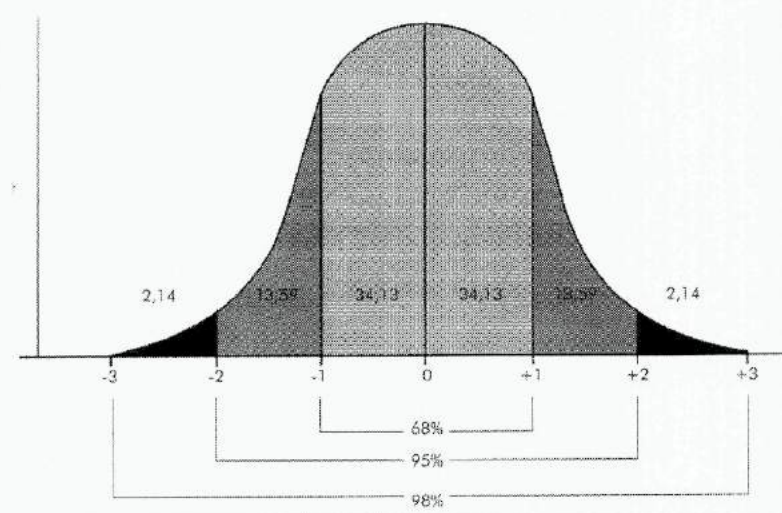
Me= média do grupo experimental

Mc= média do grupo de controle

DP= desvio padrão

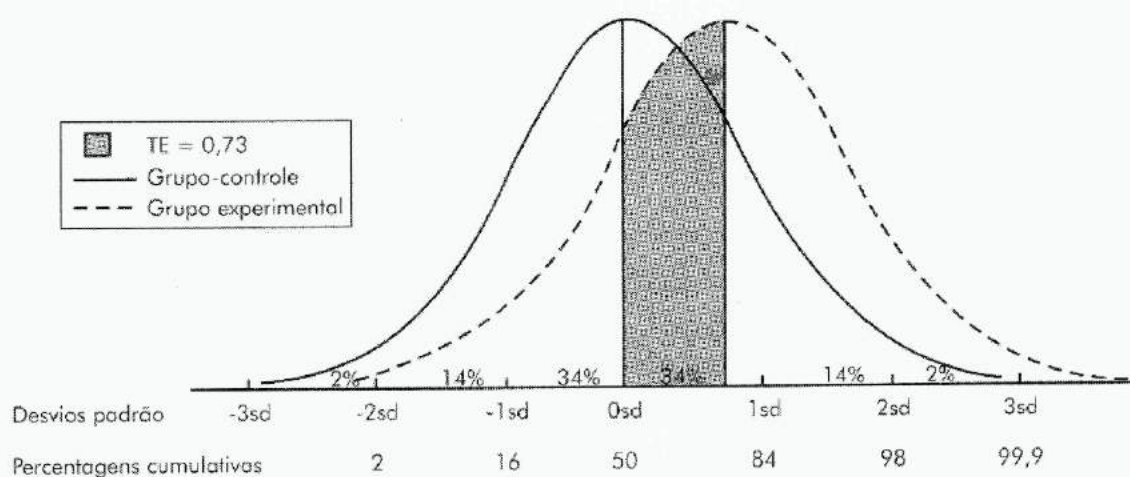
A figura 1 ilustra uma distribuição normal e a figura 2 mostra o deslocamento de uma distribuição normal cujo tamanho de efeito foi de 0,73.

Figura 1: Distribuição normal



Fonte: Marzano *et al.* p.11

Figura 2: Deslocamento de uma distribuição normal



Fonte: Marzano *et al.* p.11

Marzano et al (2009) fornecem uma tabela de conversão de tamanho de efeito para ganhos percentuais. Para facilitar a compreensão do leitor, vários resultados originalmente apresentados sob a forma de tamanho de efeito foram traduzidos para ganhos percentuais neste trabalho.

A partir dos resultados de pesquisas sobre a eficácia da avaliação formativa e do *feedback*, foram apresentadas algumas diretrizes capazes de orientar o trabalho do

professor na sala de aula com a manipulação de práticas já conhecidas por eles no ensino da física, como testes discursivos e listas de exercícios.

As diretrizes expõem um conjunto de medidas coerentes entre si e justificadas direta ou indiretamente pela literatura científica. Longe de fornecer um receituário ou um algoritmo, elas indicam procedimentos que podem incrementar a eficácia do ensino.

Para tanto, aplicou-se avaliações formativas numa turma do segundo ano, do período noturno, de uma escola estadual em um bairro da Zona Sul. Estas foram acordadas entre o autor deste trabalho e a professora de física da referida turma, tendo em conta a matéria administrada pela professora até a aula anterior à avaliação formativa. Nesse caso, pode-se considerar que a avaliação formativa foi executada por um agente externo.

Foram realizados dois testes formativos, cada qual seguido, após um intervalo de uma semana, de um *feedback* corretivo e de uma sugestão de atividade.

Após as avaliações formativas, a professora aplicou sua avaliação somativa habitual. Tentou-se observar diferenças de desempenho na avaliação somativa da turma que recebeu as avaliações formativas com outra turma, da mesma professora, que não sofreu intervenção formativa. Para isso, levou-se em conta a diferença relativa entre as duas turmas em bimestres anteriores.

Por fim, analisou-se criticamente a experiência realizada como um todo, apontando limitações e benefícios da abordagem utilizada.

criaturas em particular a luz e o calor que necessitam”(Comenius, 2006, p. 210). O educador dita a regra de que o professor deve estar no lugar mais alto e “*não permitir que ninguém faça outra coisa senão olhar para ele*” (Comenius, 2006, p. 211).

No final do século XIX, a Psicologia se constituiu como ciência e mostrou bastante interesse em testes e medidas de capacidades humanas. Também a Pedagogia se preocuparia em fazer suas próprias mensurações:

“Por volta de 1900, os testes e medidas educacionais ganham relevância quando Robert Thorndike enfatiza a importância de medir comportamentos humanos. Este movimento resultou no desenvolvimento de testes padronizados, para medir habilidades e aptidões dos alunos.” (Sousa & Vieira, 2008, p. 172)

Denominada como a *geração da medida* por Guba e Lincoln, esta conjuntura intelectual assumia que avaliação e medida eram sinônimos o que, em termos práticos de sala de aula, significava que a avaliação se reduzia a testar e classificar os alunos em períodos determinados (Fernandes, 2008).

Madaus e Stufflebeam chamaram o período compreendido entre 1900 e 1930 de a *Idade da Eficiência e dos Testes*, e destacaram a influência de Taylor na educação. (Fernandes, 2008). A sistematização, a padronização e a eficiência, características essenciais da *administração científica* de Frederick Taylor foram incorporados nos sistemas educacionais. E os testes acabaram com o papel de verificar e medir se “*os sistemas educacionais produzem bons produtos a partir da matéria-prima disponível – os alunos*”(Fernandes, 2008).

2.2 Os Pensadores Clássicos

Em meados da década de 60, o governo dos EUA estava ainda mais interessado na eficácia dos programas educacionais, o que culminou na proliferação de modelos de avaliação educacional. Segundo Clarilza Souza e Vânia Vieira (2008), dentre várias destas propostas podemos destacar as de um seleto grupo de pensadores: Ralph Tyler, Lee Cronbach, Michael Scriven, Daniel Stufflebeam e Robert Stake. Denominados “pensadores clássicos” da avaliação pelas referidas autoras, eles alcançaram grande repercussão com suas teorias, desempenhando, dessa forma, um importante papel na história da avaliação educacional.

2.2.1 Ralph Tyler

Considerado por muitos como pai da avaliação educacional, Ralph Tyler foi pioneiro em elaborar um método sistemático de avaliação educacional. A influência de Tyler na educação brasileira é reconhecida por Hoffmann:

“A teoria da avaliação educacional, no Brasil, sofreu uma grande influência dos estudos norte-americanos. A partir dos anos 60, principalmente, foi muito ampla a divulgação da proposta de Ralph Tyler conhecida como “avaliação por objetivos”. Essa proposta passou a ser referencial teórico, básico nos cursos de formação dos professores, causando até hoje grande e duradoura repercussão nos meios educacionais (...)” (Hoffmann, 2006, p. 33)

O modelo de avaliação por objetivos defendidos por Tyler assume que educar é produzir ou alterar padrões de comportamentos. O currículo deveria ser baseado em objetivos comportamentais e a avaliação seria responsável pela verificação destes alcançados.

Para Hoffman (2006), a influência de Tyler, na prática, acarretou na restrição do processo avaliativo à verificação e registro do desempenho dos alunos. Contudo, Heraldo Vianna esclarece que o modelo de Tyler não era restritivo a este ponto:

“(...) Tyler não admitia a identificação dos conceitos de avaliação e medida, usadas quase como sinônimos (...). Sua posição era, frontalmente, de recusa diante desse posicionamento, sendo a medida, especialmente a do rendimento escolar, apenas um momento do complexo processo de avaliação (...)” (Vianna, 2000, p.53)

A relação professor-aluno na proposta tyleriana mantém um apelo ao solidário, uma vez que a educação não consiste num trabalho isolado, mas sim de um processo cooperativo entre diversos segmentos da sociedade. Ao mesmo tempo que o professor deve deixar claro os objetivos educacionais aos alunos, estes últimos trabalhariam no sentido de atender às demandas dos professores, da escola e dos currículos.

Vianna (2000) destaca que mesmo os opositores de Tyler consideravam seu modelo racional. As principais críticas tecidas contra o pensador se concentravam em seu posicionamento em relação à natureza do conhecimento e a superficialidade da maneira que os objetivos educacionais eram definidos. Argumentava-se também que o modelo não poderia ser aplicado às artes em geral.

2.2.2 L.J. Cronbach

Em seu célebre artigo *Course improvement through evaluation*, publicado em 1963, Cronbach sustentava uma posição crítica ao modelo tyleriano. As idéias apresentadas em seu artigo ganharam boa repercussão e foram importantes para o surgimento dos trabalhos de outros dois avaliadores clássicos: Michael Scriven e Robert Stake.

Segundo Vianna o referido artigo se concentra em quatro grandes aspectos:

- “1) – a associação entre avaliação e o processo de tomada de decisão;*
- 2) – os diferentes papéis da avaliação educacional;*
- 3) – o desempenho do estudante como critério de avaliação de cursos;*
- 4) – algumas técnicas de medida à disposição do avaliador educacional.” (Vianna, 2000, p.67)*

No que se refere às etapas da avaliação, Cronbach afirma que é importante que elas ofereçam informações que satisfaçam critério de excelência, para isto, a informação deve ser:

- “-Óbvvia, porque deve ser compreendida por todos aqueles que a utilizem;*
- Oportuna, porque deve chegar-lhes quando dela necessitem;*
- Exata, porque os diversos observadores que utilizam o mesmo procedimento devem contemplá-lo da mesma forma.*
- Válida, porque deve incluir os conceitos e as valorizações estreitamente relacionadas com a realidade;*
- Ampla, porque deve propor as principais alternativas políticas que têm mais probabilidades de alcançar metas de organização ou propor novas “(Stufflebean & Shinnfield apud Sousa & Vieira, 2008, p. 188)*

A utilidade de uma avaliação para Cronbach é demonstrada toda vez que os integrantes da comunidade avaliada conseguem entender seus resultados, considerá-los razoáveis e, a partir disso, tomar decisões. O avaliador teria como uma de suas metas o esclarecimento de controvérsias, diminuindo dúvidas e possibilitando ações que favoreçam a instituição avaliada.

2.2.3 Michel Scriven

Na obra *“Methodology of Evaluation”* publicada em 1967, Michel Scriven fez grandes contribuições para a compreensão da avaliação educacional. Para Vianna, a

principal delas foi estabelecer que a avaliação exerce muitos papéis, porém possui um único objetivo, qual seja, “*determinar o valor ou o mérito do que está sendo avaliado*” (Vianna, 2000, p. 85).

A distinção entre papéis e objetivos se dá da seguinte forma: o objetivo consistiria em dar uma resposta razoável aos problemas propostos pelas questões que seriam avaliadas; os papéis fariam referência às maneiras como estas respostas seriam usadas. Com a distinção entre o papel somativo e formativo das avaliações, foram desenvolvidos dois conceitos importantíssimos que marcariam a história da avaliação.

A avaliação formativa, na teoria de Scriven, tem a pretensão de desenvolver um programa ou produto educacional, fornecendo informações úteis para o seu melhoramento. Já a avaliação somativa julga o mérito, a importância e o valor do objeto avaliado e é conduzida ao final de um programa de avaliação.

Goldberg e Sousa fazem uma analogia perspicaz entre as duas avaliações com a ilustração de uma cozinheira que experimenta a comida durante seu preparo, e o convidado que saboreia o resultado final sobre a mesa. A cozinheira faz uma avaliação formativa já o convidado realiza uma avaliação somativa (Sousa & Vieira, 2008).

Scriven defendeu também que o avaliador não poderia aceitar sem questionar os objetivos prefixados pelo demandante da avaliação, assim como não deveria se ater a eles. Desta forma, cria-se a avaliação *goal-free* ou avaliação independente de objetivos. O avaliador *goal-free* teria uma percepção mais ampla dos possíveis problemas do programa educacional, haja vista que não estaria limitado a analisar somente objetivos predeterminados.

2.2.4 Daniel L. Stufflebeam

A principal idéia do modelo de Stufflebeam se focava na avaliação com o objetivo de possibilitar a tomada de decisão. Para Vianna, destacam-se três elementos cruciais para se compreender o modelo de Stufflebeam:

- “1 - A avaliação é um processo sistemático, contínuo.
- 2 - O processo de avaliação pressupõe três momentos da maior importância:
- 2.1 - esboçar as questões a serem respondidas.

2.2 - obter informações que sejam relevantes para responder às questões propostas;

2.3- proporcionar aos responsáveis pela tomada de decisões todas as informações necessárias.

3- A avaliação serve para a tomada de decisão." (Vianna, 2000, p. 103)

Para o autor em questão, antes de tudo era preciso definir quais eram as necessidades educacionais para só depois planejar um programa de avaliação:

"Não podemos melhorar nossos programas se não soubermos quais são os seus pontos fracos e quais são os fortes e a menos de que disponhamos de melhores meios para fazê-lo. Não podemos compará-las com as necessidades das pessoas que pretendemos servir. Não podemos realizar uma planificação efetiva se não conhecemos bem as opções e seus méritos relativos." (Stufflebeam apud Sousa & Vieira, 2008, p. 195)

Stufflebeam defende que a avaliação só pode ser considerada uma avaliação para tomada de decisão se servir efetivamente para este objetivo. Se a partir dela for possível fazer uma escolha embasada entre as alternativas disponíveis.

Ele diferencia a avaliação para tomada de decisão da avaliação relacionada à responsabilidade educacional, na primeira há uma atitude proativa de melhoramento do programa educacional, já a última compreende uma dimensão retroativa, fazendo um julgamento final sobre uma etapa do programa.

2.2.5 Robert Stake

Considerado, na década de 1960, como um líder de uma nova escola de avaliação, o professor, pesquisador e avaliador norte-americano Robert Stake, assim como os anteriormente citados, é intitulado como ícone da avaliação educacional.

Segundo Stake, não há uma única maneira de avaliar um programa educacional e, dentre as possibilidades diferentes que existem, nenhuma pode satisfazer plenamente os grupos interessados, haja vista que estes têm valores e objetivos diversos. A informação demandada numa avaliação e mesmo sua utilidade diverge conforme os clientes da avaliação.

Ao contrário da maioria dos pesquisadores em educação de sua época, Stake defendia mais subjetividade nas pesquisas educacionais, principalmente no âmbito da

avaliação. Avaliar seria, sobretudo, uma questão de dizer se algo é “bom” ou “ruim”, ou dizer quão “mau” é. Desta forma, seria impossível avaliar sem fazer referências a valores subjetivos.

É associada a Stake a origem das avaliações responsiva e naturalista:

“Entendemos por avaliação responsiva aquela que ultrapassa a idéia de uma simples coleta de dados. Envolvendo aspectos humanos, políticos, socioculturais e contextuais, caracteriza-se pela busca de um enfoque mais abrangente de avaliação e fundamenta-se sobretudo numa interação contínua com o avaliador ou professor” (Sousa & Vieira, 2008, p. 201)

Já o conceito de avaliação naturalista trabalha com a premissa de uma avaliação o menos intervencionista possível, conforme esclarece Vianna:

“Na avaliação/pesquisa naturalista, os sujeitos são observados na sua atividade habitual, em seu habitat usual e que suas observações são apresentadas em uma linguagem não-técnica, empregando palavras e conceitos com os quais os usuários (clientes) da avaliação estão familiarizados.” (Vianna apud Sousa & Vieira, 2008, p. 202).

Como ressaltam Clarilza Souza e Vânia Vieira (2008), os pensadores Tyler, Cronbach, Scriven, Stufflebeam e Stake deixaram um legado que pode ser observado até os dias de hoje.

3. NOVAS PERSPECTIVAS SOBRE A AVALIAÇÃO

Uma nova safra de teóricos propôs uma ruptura epistemológica com as gerações anteriores. Guba e Lincoln denominaram este último grupo de “geração receptiva”. Para Fernandes (2008), tal designação teve como propósito enfatizar que todos os envolvidos no processo avaliativo deveriam ser ouvidos.

Essa geração tem a prerrogativa de desenvolver uma avaliação que se configure como uma alternativa a que predomina hoje nas instituições de ensino. Embora haja uma gama de autores com contribuições teóricas relevantes neste campo, as diferenças de ênfase e abordagens entre os mesmos não justificam que seus trabalhos sejam tratados como paradigmas de avaliação distintos entre si (Fernandes, 2008). É dentro desse espectro teórico que será analisado o papel e o significado da avaliação no processo de ensino-aprendizagem.

3.1 Uma nova teoria da avaliação

O primeiro mal entendido a ser esclarecido é a distinção entre avaliação e medida. Medida é uma operação de descrição quantitativa da realidade onde se pode atribuir um número a um evento ou objeto sob uma regra logicamente aceitável. O hábito de atribuir notas aos alunos cria a ilusão de que se mede efetivamente o desempenho ou mesmo o conhecimento dos alunos. Se a nota é uma medida, necessariamente o corretor é o instrumento, mas, seria o corretor fiável? (Hadji, 2001).

A fiabilidade de um instrumento é definida pela sua capacidade de reproduzir, com margem de erro aceitável, a mesma medida dada às mesmas circunstâncias. Entretanto, ao se buscar várias medidas de um mesmo trabalho, frequentemente são encontradas grandes divergências entre as notas.

Uma maneira que se imaginou para contornar as divergências de notação entre os avaliadores foi aumentar o número destes. Jean-Jacques Bonniol calculou que, para considerar a nota uma medida, seriam necessários 78 corretores para uma prova de matemática e 762 para uma dissertação de filosofia (Hadji, 2001).

O julgamento professoral é enviesado pelo próprio contexto social em que é feita a avaliação, como ressalta Hadji: *“O que pensar de um instrumento de medida sensível ao contexto social da medida? Fica claro que é inútil insistir em tornar a avaliação tão objetiva quanto uma medida”* (Hadji, 2001, p. 32).

As pesquisas em educação e psicologia revelaram uma variedade de influências do contexto social no resultado de uma avaliação, sendo verificadas tanto sobre os alunos quanto sobre os professores.

Noizet e Caverni descobriram que a ordem de correção de um trabalho é um fator relevante para sua nota. Os trabalhos corrigidos primeiro ganham notas superiores aos corrigidos por último. Além disso, foi percebido um efeito de contraste: trabalhos subseqüentes a trabalhos muito bons são subavaliados, já os subseqüentes a trabalhos muito ruins são superavaliados (Hadji, 2001).

Esses pesquisadores também relataram o efeito da informação que o avaliador tem sobre o aluno. O conhecimento das suas notas anteriores, origem socioeconômica, escola anterior e seu status de “aluno forte” ou “aluno fraco” são alguns exemplos de informações que afetam a notação do professor.

A contextualização social da avaliação afeta também o comportamento e o desempenho do aluno perante uma avaliação. Jean-Marc Montiel mostrou que os alunos se comportam de maneira diferenciada em condições de visibilidade e anonimato:

“Bons alunos podem obter, na mesma prova, resultados diferentes conforme aprovados ou reprovados, publicamente, mas ao acaso, em uma prova anterior. Pode-se, então, “fabricar” êxito ou fracasso e produzir, a partir disso, resultados tão “perturbadores”. Os alunos a quem se disse terem sido reprovados têm êxito em situação de anonimato, mas fracassam em situação de visibilidade, ao passo que aqueles a quem se disse terem sido aprovados, (...) fracassam em situação de anonimato (e, no entanto, são bons alunos!), mas têm êxito em situação de visibilidade” (Monteil, 1989, p.180 apud Hadji, p. 37).

Se avaliação não é uma medida, o que ela é? Luckesi a define como *“um julgamento de valor sobre manifestações relevantes da realidade tendo em vista uma tomada de decisão”* (Luckesi, 2002, p. 33). O autor destrincha três elementos desta

definição: o julgamento de valor, as manifestações relevantes da realidade e a tomada de decisão.

Enquanto um juízo de fato é uma proposição sobre como as coisas são, ex: “Este quadro é retangular”, um juízo de valor avalia coisas, ações, sentimentos etc. como bons, ruins, desejáveis ou indesejáveis, ex: “Este quadro é belo”. Quanto maior a aproximação do objeto ao ideal estabelecido, mais desejável ele se torna.

Os dados relevantes da realidade são aqueles que dão base ao juízo de valor da avaliação. Ao se avaliar se uma mesa é adequada para um determinado cômodo, o julgamento deve ser feito sobre dados relevantes como tamanho, material, peso, cor design etc.

O juízo de valor é uma posição de não-indiferença, haja vista que posiciona o avaliador entre resultados desejáveis e indesejáveis, e a não-indiferença implica numa tomada de decisão sobre o objeto avaliado.

Hadji diferencia três tipos de avaliações que podem ocorrer perante uma ação formadora, seja ela uma aula, uma apresentação ou um bimestre: avaliação prognóstica, avaliação cumulativa e avaliação formativa.

A avaliação prognóstica ocorre antes da ação formadora e *“tem a função de permitir um ajuste recíproco aprendiz/programa de estudos”* (Hadji, 2001, p. 19). Isso significa que o programa, a metodologia e o próprio aluno podem sofrer adaptações antes de uma etapa de formação.

A avaliação cumulativa ou somativa ocorre após uma etapa de formação. *“Ela tem a função de verificar se as aquisições visadas pela formação foram feitas.”* (Hadji, 2001, p. 19). Em caráter terminal, certifica-se ou não um aluno baseado no balanço de suas aquisições.

A avaliação formativa ocorre durante o processo de formação. Seu objetivo é *“levantar informações úteis à regulação do processo ensino/aprendizagem”* (Hadji, 2001, p. 19). Trata-se de um processo contínuo, cujo foco é a melhoria do aprendizado dos alunos.

A avaliação somativa é a prática corrente na maioria dos estabelecimentos de ensino e é alvo de críticas de teóricos da educação como Jussara Hoffmann, Cipriano Luckesi, Philippe Perrenoud, Charles Hadji, dentre outros.

Uma crítica recorrente é o foco classificatório da avaliação somativa. Luckesi faz uma ilustração do médico que recebe um paciente com pneumonia, colhe seus dados e classifica-o como doente, sem lhe oferecer nenhum tratamento e compara com a atitude de um professor que apenas classifica seus alunos pelas avaliações:

“Se um médico exercitar sua prática de orientação à saúde da forma como descrevemos, todos nós vamos dizer que ele é um criminoso e que deixou uma pessoa morrer tendo conhecimento de seu estado de saúde. E se um professor não atende um aluno, para que ele avance, não é também um crime?” (Luckesi, 2002, p. 77).

O diagnóstico de um problema, seja a enfermidade de um paciente ou a deficiência de uma aprendizagem, tem pouca valia se não for seguido de uma ação de melhoria do quadro apresentado.

Para Jussara Hoffmann existe uma crença generalizada que a avaliação classificatória rigorosa provê um ensino de qualidade, porém rechaça esta tese *“Porque não se pode considerar como competente uma escola que não dá conta sequer do alunado que recebe, promovendo muitos alunos a categoria de repetentes e evadidos”* (Hoffmann, 2006, p. 12).

Luckesi, ao considerar os índices de repetência e evasão escolar, ressalta que para uma sociedade que enfatiza tanto a eficiência e a produtividade *“deixa-se a escola numa ineficiência invejável”* (Luckesi, 2002, p. 63). Qualquer indústria que ostentasse um nível análogo de fracasso estaria fadada à falência.

Hoffmann alerta que existe um apreço demasiado à cultura da reprovação em nossa sociedade. A retenção escolar é colocada como uma estratégia indissociável à manutenção de uma boa escola (Hoffmann, 2006b). Isso faz com que professores e escolas cumpram muito mais uma função de seleção que de desenvolvimento. E quando a escola desiste do aluno, não raro, o aluno desiste da escola.

Luckesi (2002, p.66) considera essa postura como antidemocrática *“na medida em que ela não serve para auxiliar o avanço e crescimento do educando, mas sim para*

assegurar a sua estagnação (...)". A literatura internacional mostra que a retenção escolar é pouco produtiva para a educação, pois a regra geral é a de que alunos fracos promovidos progridem mais em suas aprendizagens que os alunos fracos que foram retidos (Crahay, 2007).

Para Luckesi (2002), na escola tradicional o erro é concebido como um motivo de castigo e defende outra maneira de tratá-lo. Ele argumenta que os erros devem ser encarados como percalços de uma travessia e que, embora não seja preciso errar para aprender, equívocos frequentemente fazem parte do processo de aprendizagem.

Sobre o alicerce da correção sem punição fundamenta-se a avaliação formativa. Perrenoud assume como *"formativa toda prática de avaliação contínua que pretenda contribuir para melhorar as aprendizagens, qualquer que seja o quadro e qualquer que seja a extensão concreta da diferenciação do ensino"* (Perrenoud, 1999, p.78).

A avaliação formativa está a serviço do aprendizado e não da seleção. Antes de qualquer coisa, Hadji (2001, p.79) lembra que a *"avaliação só é formativa se for informativa"*. É preciso coletar informações adequadas para fazer uma análise do estado atual do educando. No entanto, segundo Fernandes:

"O que sabemos da pesquisa internacional é que, em muitos países, os professores tendem a funcionar mais orientados para a atribuição de classificações do que para a análise das aprendizagens dos alunos" (Fernandes, 2008, p.71).

A análise das aprendizagens é um passo fundamental do que Perrenoud chama de regulação dos processos de aprendizagens, que ele define de maneira ampla como: *"O conjunto das operações metacognitivas do sujeito e de suas interações com o meio que modificam seus processos de aprendizagem no sentido de um objetivo definido de domínio"* (Perrenoud, 1999, p.90).

O diagnóstico adequado dos alunos permite orientar melhor qualitativa e quantitativamente as ações reguladoras. Como os aprendizes demandam de intervenções distintas, trabalha-se, então, com o imperativo: a cada um de acordo com suas necessidades. Com isso, consegue-se um leve distanciamento da ficção subentendida no sistema tradicional de ensino, onde os alunos devem aprender conteúdos e habilidades de maneira sincronizada e paralela (Perrenoud, 1999).

Fernandes (2008) destaca duas tradições teóricas sobre avaliação formativa: francófona e anglo-saxônica. A francófona se baseia mais em processos cognitivos internos dos alunos como, por exemplo, metacognição e auto-avaliação. O professor desempenha um papel mais acessório na avaliação formativa, que seria o de intervir somente o suficiente para que o aluno por si mesmo regule sua aprendizagem. A abordagem francófona é idealista e apresenta dificuldades de ser colocada em prática.

A linha anglo-saxônica tem cunho mais pragmático, ligado ao currículo e às tarefas desenvolvidas pelos alunos sob a orientação do professor. O *feedback* é primordial nessa perspectiva, o que faz dos professores peças mais centrais. A abordagem anglo-saxônica tem um desnível menor entre a teoria e a aplicabilidade em sala de aula e, como será visto a seguir, apresenta resultados interessantes.

3.2 As evidências a favor da avaliação formativa

Será a avaliação formativa apenas mais um discurso pedagógico como tantos outros, ou existe alguma evidência de sua eficácia? Antes de trabalhar essa resposta, cabe justificar um pouco mais a própria pergunta.

É relativamente recente o estudo do ensino de maneira sistemática e científica. Pesquisas que analisam os efeitos do ensino sobre o aprendizado se iniciaram consistentemente a partir da década de 1970 (Marzano et al, 2008). Ainda mais atual é o movimento da *'Educação baseada em evidências'*, que assume a prerrogativa de que as práticas de ensino e as políticas públicas no âmbito da educação devem ser orientadas por evidências científicas (Thomas & Pring, 2007).

A questão dos métodos pedagógicos sempre suscitou discursos apaixonados, mas quando se afirma que um método é mais eficaz que outro, subentende-se que há um padrão observável de causalidade entre a aplicação de um método e a melhoria do aprendizado em relação a alguma outra abordagem. É justamente no quesito das evidências científicas que boa parte dos métodos falham, o que nem sempre intimida seus proponentes, como destaca Gauthier:

“O militância pedagógico prejudica a análise rigorosa e objectiva. Não é importante a defesa de uma abordagem pedagógica específica, seja ela nova ou tradicional, de esquerda ou de direita. O que importa realmente é saber se existe uma base de investigação empírica e se

foram medidos os efeitos, sobre as aprendizagens, de diversas estratégias ou abordagens pedagógicas” (Gauthier, 2007, p. 29).

Existe uma crença bastante difundida que os estudos em educação não são confiáveis, o que leva muitos educadores a descartar seus resultados precipitadamente. Contudo, o pesquisador Larry Hedges mostrou que, ao menos em termos de variabilidade de resultados, o nível de estudos de psicologia, educação e física eram idênticos. Metade dos estudos que ele comparou, tanto em física quanto em educação, mostravam discordâncias estatisticamente significativas (Marzano et al, 2008).

Vários estudos são convergentes ao apontar a forte influência da qualidade do professor sobre a aprendizagem do aluno. S. Paul Wright, Sandra Horn e William Sanders analisaram o desempenho de milhares de alunos e centenas de escolas e uma das conclusões foi:

“Os resultados desse estudo vão documentar que o fator mais importante que afeta o aprendizado do aluno é o professor. Além disso, os resultados mostram uma ampla variação na eficácia entre os professores. A implicação imediata e clara desse achado é que aparentemente mais coisas podem ser feitas para melhorar a educação melhorando a eficácia dos professores do que fazendo qualquer outra coisa” (Wright et al., 1997, p. 63 apud Marzano et al., 2008, p. 8).

Não há como desvincular a qualidade de um professor com a eficácia de seus métodos. Dessa forma, para promover uma boa educação, mostra-se crucial identificar, pela pesquisa, estratégias de ensino eficientes. A avaliação formativa é uma delas.

Domingos Fernandes cita três grandes resultados da investigação feita por Paul Black e Dylan William:

- “1. Os alunos que frequentam salas de aula em que a avaliação é essencialmente de natureza formativa aprendem significativamente mais e melhor do que os alunos que frequentam aulas em que a avaliação é sobretudo somativa.*
- 2. Os alunos que mais beneficiam da utilização deliberada e sistemática da avaliação formativa são os alunos que têm mais dificuldades de aprendizagem.*
- 3. Os alunos que frequentam aulas em que a avaliação é formativa obtêm melhores resultados em exames externos do que os alunos que frequentam aulas em que a avaliação é somativa.” (Fernandes, 2006, p.39)*

Os ganhos com a avaliação formativa foram perceptíveis desde os alunos do jardim de infância até a faculdade. Os tamanhos de efeito encontrados variam de 0,4 a 0,7. A título de ilustração, um tamanho de efeito de 0,4 significaria que a média dos alunos expostos à intervenção formativa tem o mesmo desempenho que a média dos 35% melhores resultados do grupo de controle (Black & William, 1998).

O *feedback* parece ser o componente mais importante da avaliação formativa. Após analisar quase 8 mil estudos, Jonh Hattie comenta que:

“A modificação isolada mais eficaz para melhorar o desempenho é o feedback. A prescrição mais simples para melhorar a educação deve ser ‘bocados de feedback’” (Hattie, 1992, p.9 apud Marzano et al., 2008, p. 88).

O *feedback* pode ser trabalhado como uma informação dada por um agente que diz respeito à performance ou compreensão de um indivíduo (Hattie & Timperley, 2007). O agente em questão pode ser um professor, colega, livro, programa de computador etc. A variabilidade dos tamanhos de efeito do *feedback* indica que existem maneiras melhores do que outras para dar *feedback* (Marzano et al., 2008).

O *feedback* é corretivo por natureza. Porém, só dizer aos alunos se as respostas estão certas ou erradas é insuficiente, podendo, inclusive, degradar o desempenho (Marzano et al., 2008). Algumas pesquisas apontam que o *“melhor feedback parece envolver uma explicação sobre o que é preciso e o que é impreciso em termos das respostas do aluno”* (Marzano et al., 2008, p.89). ”

O momento em que é dado o *feedback* também é uma variável importante. Para eventos do tipo teste, o *feedback* dado logo depois do teste parece ser o mais efetivo (Marzano et al., 2008). Entretanto, se o assunto abordado for considerado difícil pelos alunos é aconselhável um intervalo maior (Hattie & Timperley, 2007).

Também é preferível que o *feedback* faça referência a um critério específico, que faça o aluno perceber qual a diferença entre o estado atual de seu conhecimento ou performance e o estado esperado (Marzano et al., 2008).

Haja vista que o *feedback* visa informar qual a discrepância do estado do aluno e do estado que se espera dele, a definição de objetivos claros torna-se uma prática útil de ser interligada com a prática do *feedback*.

Alguns estudos sobre o estabelecimento de metas ou objetivos encontraram ganhos percentuais de 18% a 41% no rendimento dos alunos. Contudo, encontrou-se efeito negativo sobre a aprendizagem de conhecimentos fora dos objetivos predefinidos (Marzano et al., 2008). No caso específico do ensino de física, muitas vezes as listas de exercícios e problemas servem para situar o aluno sobre o grau de dificuldade que é esperado que ele domine.

Isso posto, a avaliação formativa centrada em *feedback* se mostra como uma ferramenta pedagógica importante para incrementar o aprendizado e talvez tornar o ato de avaliar menos traumático para professores e alunos, pois a avaliação não é usada para punir e sim para ajudar.

4. DEFINIÇÃO DE DIRETRIZES

A avaliação formativa apresenta resultados favoráveis à sua adoção como estratégia de ensino. No entanto, há pouca exemplificação de procedimentos que possam orientar o professor em sua prática.

Marcel Crahay (2007) sumariza alguns resultados de uma prática particular de avaliação formativa centrada em *feedback*, que está subentendida no processo então denominado de aprendizagem por domínio (AD):

“Aceitando essencialmente os programas escolares tais como se apresentam, a AD se presta a uma economia bem simples: a matéria a ser assimilada é dividida em unidades de aprendizagem; cada uma é ensinada coletivamente, mas, no fim de cada unidade, os alunos são submetidos a um teste formativo e se beneficiam, se não forem bem-sucedidos, de procedimentos corretivos antes de passarem por um segundo teste formativo. Em princípio, o professor não avança para a unidade seguinte sem que a unidade em estudo tenha sido dominada por todos” (Crahay, 2007 p.199).

A tabela 1 fornece a comparação dos resultados de alguns estudos sobre aspectos práticos da AD.

Tabela 1: Tamanhos de efeito relacionadas a diferentes aspectos de testes formativos

Aspectos dos testes formativos		Número de estudos	Tamanho de efeito
Número de tentativas aceitas para atingir o nível de domínio	Uma ou duas	24	+ 0,53
	Três	10	+ 0,52
	Quatro	14	+ 0,58
Presença de procedimentos corretivos	Sim	29	+ 0,54
	Não	20	+ 0,54
Forma dos testes	Múltipla escolha	44	+ 0,54
	Respostas dissertativas	04	+ 0,69
Forma dos testes durante avaliações sucessivas	Mesma forma	06	+ 0,51
	Forma diferente	36	+ 0,50
Número de testes nos grupos (GE & GC)	Mesmo número	31	+ 0,48
	Número diferente	18	+ 0,65
Frequência dos feedbacks referente aos testes	Idêntica	21	+ 0,36
	Diferente	28	+ 0,67
Porcentagem de acertos exigidos como nível de domínio	Entre 70 e 80	17	+ 0,38
	Entre 81 e 90	15	+ 0,51
	Entre 91 e 100	17	+ 0,73

Fonte: Crahay, 2007 p.199

Embora a avaliação por domínio seja aparentemente de fácil implementação, ela pode esbarrar em questões político-pedagógicas internas da escola, das quais o professor não tem gerência, como, por exemplo, a determinação por parte da escola de avaliações somativas obrigatórias que, em algumas instituições, sequer são preparadas pelo professor da turma avaliada. Contudo, a aplicação de testes formativos, um dos elementos da AD, pode ser incluída no cotidiano escolar de uma soma considerável de professores.

Para compreender melhor as alterações a serem feitas na prática comum dos professores de física, é útil fazer uma breve descrição genérica da aula de física tradicional.

O professor de física apresenta os conceitos pertinentes ao tópico em questão e resolve alguns exercícios sobre o tema. Enquanto isso, os alunos dividem sua atenção entre a explicação do professor e a cópia do conteúdo da lousa. Por vezes, o docente reserva determinado tempo da aula para que os alunos resolvam autonomamente um ou mais exercícios, se dispondo, no entanto, a ajudar caso haja alguma dúvida. Em geral, muitos alunos sequer tentam resolvê-los e ficam esperando a resolução na lousa para, enfim, copiarem.

A presença de listas de exercícios é bastante comum no trabalho dos professores de física. Um de seus objetivos acaba sendo dar uma noção do tipo de questão que será cobrada na avaliação somativa. Raramente a lista contém as respostas, o que dificulta o *feedback* do aluno no seu estudo autônomo. Principalmente por causa disso, vários professores promovem “aulas de exercícios” nas aulas que antecedem a avaliação somativa. Nelas, o professor resolve um número razoável de problemas da lista.

O cerne da alteração aqui proposta é a aplicação de testes formativos e como ações acessórias o estabelecimento de objetivos e procedimentos corretivos.

Os testes formativos, ao contrário das avaliações somativas, devem ser projetados para serem realizados numa fração de aula. Recomenda-se que eles tratem do conteúdo administrado em aulas anteriores. Eles podem ser discursivos, de múltipla escolha ou mistos.

O *feedback* dado aos alunos deve apontar os erros e ao mesmo tempo apresentar a forma correta. Uma maneira conveniente é, além do teste corrigido, sempre disponibilizar um gabarito. Para ser efetivo, é recomendável não haver um intervalo longo entre a aplicação e o *feedback*.

As listas de exercícios podem ser trabalhadas conjuntamente com os testes formativos, fornecendo objetivos explícitos sobre o que seria esperado dos alunos. Cabe ressaltar que objetivos específicos são incrementadores de desempenho em várias áreas de atividade humanas e não só na educação. A psicologia tem mostrado em inúmeros estudos que “*quando se pede simplesmente às pessoas que façam o seu melhor, elas não o fazem*” (Myers, 2006 p.359).

A variedade de procedimentos corretivos possíveis é muito grande. Os pesquisadores Barak Rosenshine e Robert Stevens sumarizaram algumas estratégias de ensino utilizadas por professores cujos alunos obtinham melhores desempenhos (Gauthier, 2007). O trabalho de Rosenshine e Stevens aponta duas estratégias particulares como de maior importância: a apresentação do material em pequenas etapas e a prática guiada (Rosenshine, 1996).

A apresentação do material em pequenas etapas é problemática por causa da noção subjetiva do que seja “uma pequena parcela”. Professores de física possuem determinada expertise no assunto que estão ensinando. Isso significa que já automatizaram várias operações usadas nas resoluções de problemas. Já os alunos, novatos que são, carecem desta sofisticação e necessitam recorrer à memória de trabalho para realizar o mesmo procedimento (Sternberg, 2010).

Schacter (2008, p.43) exemplifica o funcionamento da memória de trabalho, também chamada de operacional ou funcional, da seguinte forma:

“Ela guarda pequenas quantidades de informação por um curto período de tempo, normalmente alguns segundos, enquanto as pessoas estão empenhadas em atividades cognitivas, como ler, ouvir, resolver problemas, raciocinar ou pensar.(...) Se você não tivesse uma maneira de reter o princípio da frase enquanto ela continua, não saberia o significado da frase quando chegasse ao final.”

A memória de trabalho tem uma capacidade bastante restrita que é, em média, de sete unidades de informação. A apresentação de material novo de forma extensiva e

ininterrupta sobrecarrega a memória de trabalho dos estudantes (Rosenshine, 1996). Observado isso, a divisão apropriada do conteúdo depende muito de quais processos foram automatizados pelos alunos.

A etapa da prática guiada é normalmente negligenciada, partindo-se direto para a prática autônoma. A prática guiada consiste no acompanhamento ativo do professor durante a realização da tarefa pelos alunos. Conforme Gauthier (2007, p.27):

“É um erro pensar-se que o que foi dito pelo professor foi retido pelo aluno tal como foi enunciado. Conseqüentemente, é observando e interrogando que o professor pode verificar o nível de compreensão dos alunos, a quantidade e os tipos de erros que efectuam (sic).”

Em Quebec, no Canadá, os professores taxados como mais eficientes consomem, em média, mais que o dobro de tempo com apresentação e prática guiada que os demais professores (Gauthier, 2007).

Pode-se questionar que as alterações sugeridas, no geral, demandariam muito tempo de aula, prejudicando o cronograma do professor. Certamente que testes formativos e a prática guiada têm um custo de tempo considerável, o que poderia ser parcialmente contornado diminuindo o tempo que se gasta com procedimentos improdutivos como a cópia mecânica do conteúdo da lousa.

Martin Carnoy realizou um estudo comparativo da natureza das aulas em três países – Chile, Brasil e Cuba – e um dos dados que lhe chamou a atenção foi que:

“A maioria das salas de aula brasileiras despende uma grande quantidade de tempo copiando problemas da lousa, uma prática que não existe nas salas de aula cubanas e chilenas (principalmente em virtude do uso das folhas de atividade)” (Carnoy, 2009 p.187-188).

A cópia mecânica além de gastar tempo, também gasta recursos de atenção dos alunos. De acordo com teorias recentes, a atenção é um recurso limitado que as pessoas alocam conforme a necessidade (Sternberg, 2010). A cópia mecânica divide a atenção dos alunos entre acompanhar a aula expositiva e reproduzir o conteúdo da lousa, tornando a primeira tarefa menos produtiva. Sabendo que a atenção é pré-requisito para a aquisição de uma memória, o ideal é que o foco da atenção dos alunos seja direcionado para tarefas pedagogicamente relevantes.

Outra objeção possível é que não há diferença entre as alterações sugeridas e o ensino tradicional. Para isso, Gauthier oferece uma resposta apropriada:

“No ensino tradicional recorre-se pouco à revisão dos conhecimentos anteriores, procedendo-se como se o que foi ensinado tivesse sido compreendido e retido. As metas a atingir nem sempre são claras nem explícitas, e não se concede tempo suficiente para a prática guiada. Na maior parte dos casos, fornecem-se algumas explicações às quais se segue a prática autónoma (sic) dos alunos.” (Gauthier, 2007 p.28)

Desdenhada tanto por alunos quanto por professores, a revisão é uma prática de suma importância para consolidação do conhecimento do aluno. Hermann Ebbinghaus já mostrara em 1885 um comportamento típico da memória humana, que ficou famoso como “curva do esquecimento”. Tal padrão foi tão exaustivamente repetido que considerou-se como uma lei da psicologia, enunciada da seguinte forma: “o curso do esquecimento é inicialmente rápido e depois se estabiliza ao longo do tempo” (Myers, 2006 p.268).

Ebbinghaus descobriu que era mais efetivo espaçar os ensaios ou revisões que concentrá-los num curto período de tempo. Este tipo de efeito foi observado na retenção de palavras sem significado, vocabulário de língua estrangeira, competências motoras de datilografia e conceitos complexos de estatística (Pinto, 2001).

Outro ponto a favor dos testes formativos e da prática guiada é aumentar o tempo dos estudantes em práticas ativas. O estudo autônomo é uma prática ativa que é realizada em sua maior parte fora da sala de aula e, via de regra, é uma atividade frequentemente protelada pelos estudantes.

Piers Steel define como procrastinação o ato de postergar voluntariamente uma ação pretendida, mesmo com a consciência de que tal atitude causará danos que poderiam ser facilmente evitados (Gura, 2009). A procrastinação é um comportamento comum que afeta a realização de uma vastidão de tarefas, sendo notória a sua incidência no âmbito acadêmico. Segundo Steel, 90% dos universitários são afetados pelo problema. Metade dos estudantes identificou a natureza da tarefa como a causa do adiamento.

Tarefas consideradas difíceis, desagradáveis, demandantes de esforço ou geradoras de ansiedade são as mais adiadas pelos alunos. A maior parte da pesquisa

sobre procrastinação acadêmica foi realizada entre universitários e há reservas quanto à generalização dos resultados para estudantes do ensino médio (Costa, 2007). Ainda assim, é possível que forneçam uma estimativa razoável.

Como o hábito de adiar os estudos é endêmico entre estudantes de todos os níveis, o uso de estratégias de ensino que aumentem a prática ativa na sala de aula é uma atitude mais que desejável.

As diretrizes ora apresentadas norteiam um processo de avaliação formativa com respaldo teórico e empírico, cuja aplicabilidade é aparentemente alta e pode ser adotada parcial ou integralmente. Isso posto, o próximo passo é tentar aplicar a metodologia descrita numa sala de aula e relatar qualitativamente os resultados e dificuldades dessa proposta.

5. APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Aplicação

A aplicação de testes formativos se deu numa escola estadual de ensino médio, localizada na Zona Sul do Rio de Janeiro. O autor deste trabalho atuou em conjunto com uma professora de física da escola durante um bimestre letivo em uma turma do segundo ano do ensino médio, no período noturno.

A professora é formada em Licenciatura em Física pela UFF e trabalha na referida escola há três anos e também já lecionou em colégios particulares.

A turma em questão era composta por 24 alunos, todos com defasagem etária em relação ao ano que estão cursando. Muitos dos alunos trabalham durante o dia e alguns moram em comunidades carentes. A turma de controle continha 21 alunos também nas mesmas condições.

As turmas de segundo ano da escola têm dois tempos de física de 45 minutos por semana, que são ministrados no mesmo dia. As atividades formativas se deram no terceiro bimestre letivo da escola e o tema trabalhado durante este período foi energia mecânica.

Duas abordagens parecem mais freqüentes para apresentar o conceito de energia no ensino médio: defini-la como capacidade de realizar trabalho ou como uma grandeza física escalar que se apresenta de diversas formas, passíveis de transformações entre si, porém mantendo-se sempre com a mesma quantidade.

Apresentam-se as formas de energia cinética, energia potencial gravitacional e potencial elástica. Após, trabalha-se com a conservação da energia mecânica, diferenciando sistemas conservativos e dissipativos.

A energia cinética se relaciona com o movimento do corpo, sendo diretamente proporcional ao produto da massa pelo quadrado da velocidade. É dada por:

$$E_c = m.v^2/2$$

A energia potencial gravitacional se associa à posição do objeto em relação a um referencial. É uma energia latente que pode ser transformada em energia cinética, sendo dada por:

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

A energia potencial elástica é associada às deformações elásticas apresentadas pelos corpos ao sofrerem compressão ou distensão. O primeiro exemplo sempre é de uma mola deformada pela ação de uma força. Ao se aplicar esta força, realiza-se um trabalho que é, em módulo, igual ao trabalho realizado pela mola para retornar à posição original. Esta energia é diretamente proporcional ao produto da constante elástica (k) do corpo pelo quadrado da deformação (x), sendo dada por:

$$E_{pe} = kx^2/2$$

A energia mecânica do sistema é a soma da energia cinética e das energias potenciais envolvidas. Em sistemas conservativos, essa soma deve permanecer constante. Quando há transformação de energia mecânica em energia térmica, diz-se que o sistema é dissipativo e a energia mecânica não permanece constante.

A intervenção na turma se limitou à aplicação de testes formativos e o fornecimento de *feedback*, além de uma atividade complementar. O nível de dificuldade das avaliações formativas foi acordado entre o autor dos testes e a professora, com o objetivo de manter em um patamar semelhante com o trabalhado em sala de aula. Em nenhum momento entrou-se no mérito de modificar as aulas expositivas da professora. Os testes foram pensados de forma que correspondessem às suas aulas.

Uma semana depois de cada avaliação formativa, os alunos receberam o *feedback* dos seus testes, assim como os gabaritos e uma sugestão de atividade complementar. As atividades complementares vinham com respostas para auxiliar o estudo autônomo dos alunos.

A primeira avaliação formativa se deu conforme o Anexo II e foi realizada em cerca de 30 minutos. O desempenho dos alunos foi muito abaixo do esperado pelo avaliador externo, sendo que a totalidade dos alunos tinha dificuldades em álgebra,

aritmética e interpretação incompatíveis com o ano escolar que cursavam. Um dos alunos manifestava dúvida até mesmo na multiplicação por zero.

A avaliação fora projetada para ser realizada de maneira autônoma, mas a dificuldade dos alunos mostrou-se tão grande que foi alterada para um misto de prática autônoma com guiada, quando foram dadas orientações e explicações para a realização da avaliação. Vários alunos deixaram ao menos metade das questões em branco e outros simplesmente desistiram entregando sem responder nada.

Os testes corrigidos foram entregues na aula da semana seguinte, junto com gabaritos (Anexo III) e atividades complementares (Anexo IV). A correção não atribuiu nota e fez comentários em cima dos erros dos alunos, quando considerado apropriado. Nenhum comentário teceu elogios de qualquer espécie, haja vista que a literatura consultada aponta que elogios diminuem o efeito do *feedback* (Hattie & Timperley, 2007).

A segunda avaliação (Anexo V) foi aplicada em condições semelhantes e, em virtude de uma limitação do tempo disponibilizado pela professora, foram reservados 20 minutos para a realização do teste. O mesmo episódio de dificuldades observado na primeira avaliação se repetiu na segunda.

Em relação à avaliação anterior, foi observado maior esforço por parte da turma para a realização do teste e para retirar dúvidas, possivelmente por causa da proximidade da avaliação somativa. Também houve maior incidência de manifestações públicas – leia-se comentários em voz alta – de aversão à física.

Os alunos apresentaram menor dificuldade em resolver o item (a) do segundo teste, o que indica alguma assimilação da matéria anterior já que era o único item que não precisava evocar a conservação de energia mecânica para ser resolvido.

O *feedback* foi dado na semana seguinte junto com o gabarito e a atividade complementar (Anexo VI) e, após um intervalo de mais uma semana, se deu a avaliação somativa (Anexo VII). Esta foi elaborada exclusivamente pela professora da escola e foi idêntica para as duas turmas. A aplicação também se deu na mesma data para ambas.

Na tabela 2, são comparados os resultados entre as avaliações somativas das duas turmas até o terceiro bimestre e, na tabela 3, são comparadas as médias das avaliações das duas turmas.

A turma experimental obteve maior média total. A diferença de desempenho foi pouco menor que 11%. Os desempenhos iguais ou maiores que 75% representaram 1/3 da turma de controle e mais da metade da turma experimental. O número de alunos que conseguiu desempenho máximo na prova foi sete vezes maior na turma experimental. Oportuno dizer que a turma experimental teve duas aulas a menos que a de controle.

Tabela 2: Comparação dos resultados das avaliações somativas

Turma	Bimestre	Desempenho (%)				Total
		Faixa 1 ≥0 e <25	Faixa 2 ≥25 e <50	Faixa 3 ≥50 e <75	Faixa 4 ≥75 e ≤ 100	
Controle	1º	2	5	4	7	18
	2º	7	4	5	0	16
	3º	1	4	5	5	15
Experimental	1º	10	2	5	1	18
	2º	8	8	2	1	19
	3º	2	4	2	9	17

Tabela 3: Comparação das médias

Turma	1º Bimestre	2º Bimestre	3º Bimestre
Controle	5,8	3,6	6,2
Experimental	3,7	3,2	6,8

As figuras 3 e 4 ilustram a evolução da distribuição nas notas nas duas turmas, respectivamente, até o 3º bimestre de 2009.

Figura 3: Distribuição das notas da turma de controle

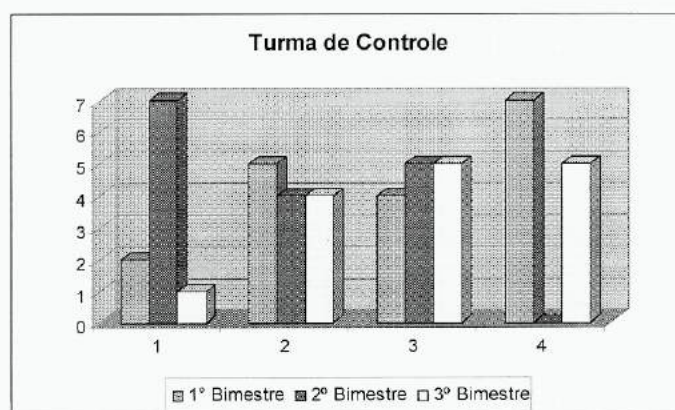
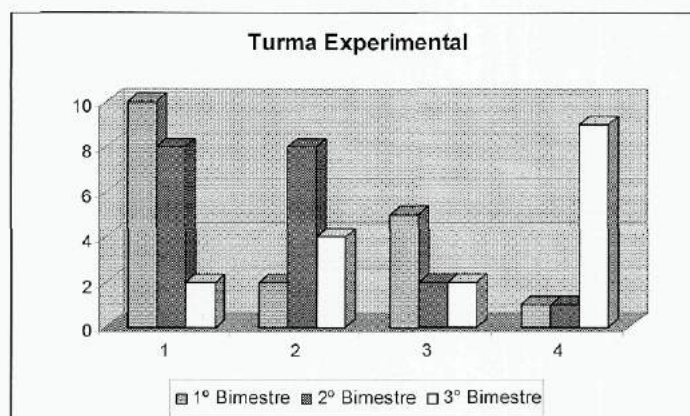


Figura 4: Distribuição das notas da turma experimental



Em duas faixas de desempenho, percebeu-se uma mudança significativa no comportamento das notas da turma experimental. Nos dois bimestres anteriores, a faixa de desempenho que vai de 0% a menor que 25% representava aproximadamente metade dos alunos. Já no terceiro bimestre, a porcentagem de alunos nessa faixa limitou-se a cerca de 12%. O contrário ocorreu com a faixa de maior desempenho. Em torno de 5% dos alunos entravam neste intervalo, mas, no terceiro bimestre, passaram a ser 53%.

A média da turma de controle também aumentou em relação aos bimestres anteriores, porém em menor proporção. Houve um aumento de 1,5 pontos, menos da metade do aumento da turma experimental que foi de 3,4 pontos.

Apontados estes números, cabe perguntar qual o ganho percentual relacionado exclusivamente com a aplicação da avaliação formativa. É justamente para responder este tipo de questão que o cálculo do tamanho de efeito é utilizado. No caso aqui exposto, a amostra reduzida não permite conclusões com significância estatística. Ainda assim, o tamanho de efeito será calculado a título de ilustração.

O tamanho de efeito fará referência ao incremento da nota em relação aos bimestres anteriores. Essa atitude se justifica porque ambas as turmas elevaram suas notas. Se fossem tomadas apenas as notas do 3º bimestre, o resultado não refletiria a diferença já existente entre as turmas. O cálculo do tamanho de efeito seguirá a recomendação de Glass (Conboy, 2003), usando o desvio padrão do grupo de controle no denominador.

Desse modo tem-se:

x = incremento na nota em relação à média do aluno
 m = média do incremento da nota da turma

x	$x-m$	$(x-m)^2$
-0,5	1,0	1,00
0,0	-1,5	2,25
6,0	4,5	20,25
2,7	1,2	1,44
2,2	0,7	0,49
-4,5	-6,0	36,00
2,8	1,3	1,69
-0,5	-2,0	4,00
2,7	1,2	1,44
5,2	3,7	13,69
-2,7	-4,2	17,64
3,7	2,2	4,84
1,7	0,2	0,04
4,2	2,7	7,29
-4,0	-6,5	42,25

$$\begin{aligned}\sum (x_i - m)^2 &= 154,31 \\ DP &= [\sum (x_i - m)^2 / (n-1)]^{1/2} \\ DP &= [154,31 / (15-1)]^{1/2} \\ DP &= 3,3\end{aligned}$$

Aplicando DP no cálculo do tamanho do efeito:

$$TE = (Me - Mc) / DP$$

Me = média do incremento na nota do grupo experimental

Mc = média do incremento na nota do grupo de controle

DP = desvio padrão do grupo de controle

$$TE = (3,4 - 1,5) / 3,3 = 0,58$$

Um tamanho de efeito de 0,58 corresponde a um ganho percentual de 22% em função da aplicação dos testes. O valor de tamanho de efeito encontrado está dentro da expectativa informada por Black e Wiliam (1998), que fica entre 0,4 e 0,7.

5.2 Análise dos Resultados

A experiência com avaliação foi demasiado limitada em vários aspectos, como no número de alunos, no período em que foi realizada e na restrição metodológica. Mas, ainda assim, foram aprendidas algumas lições importantes.

O absenteísmo por parte dos alunos é um fator que prejudica bastante a implementação da avaliação formativa, pois os mesmos perdem a oportunidade de realizarem uma avaliação ou não receberem o *feedback* no tempo apropriado.

A literatura sugere que o *feedback* age de maneira mais eficaz sobre erros de compreensão do que sobre falta de conhecimento (Hattie & Timperley, 2007). No caso específico da turma avaliada, isso ficou bem explícito. Caso fosse mantida a idéia original de testes autônomos, seria perdida uma oportunidade legítima de tirar dúvidas e orientar os alunos. A maioria absoluta deles não estava em condições de realizar um desempenho sequer regular de maneira autônoma.

Os alunos no curso noturno têm um histórico ainda maior de postergarem seus estudos e tarefas escolares. Esse comportamento ficou claramente evidenciado na turma experimental. A professora solicitou, com antecedência de um mês, que os alunos fizessem uma apresentação em grupos defendendo prós e contras da manutenção de usinas termelétricas, hidrelétricas, nucleares e eólicas. Uma semana antes ninguém tinha escolhido seu tema e no próprio dia da apresentação ainda havia alunos que não tinham se organizado em nenhum grupo.

Caso não fossem aplicados os testes formativos, poder-se-ia afirmar com certa segurança que a maioria dos alunos não gastaria a quantidade de tempo despendida nos testes com estudo autônomo fora da classe no mesmo período, postergando seus estudos às vésperas da avaliação somativa.

Apesar de todos os reveses encontrados no decorrer do bimestre trabalhado, como o adiamento do início das aulas em virtude do surto da gripe H1N1, das paralisações dos professores estaduais e a própria modificação do plano original, os resultados foram positivos. A estratégia mista de testes formativos com prática guiada mostrou-se oportuna para alunos de baixo desempenho e merece ser objeto de estudo específico sobre a amplitude de sua eficácia, uma vez que na literatura consultada só há menção das duas técnicas em separado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tanto o grupo experimental quanto o de controle apresentaram aumento na média do 3º bimestre em relação aos anteriores, no entanto, o aumento do grupo experimental foi mais que o dobro do grupo de controle. As maiores diferenças foram percebidas nas faixas extremas de desempenho. Em termos aproximados, a porcentagem de alunos na faixa de menor desempenho passou de 49% para 12%, e na faixa de maior desempenho de 5% para 53%. Para as mesmas faixas, o grupo de controle passou de 26% para 7% no intervalo de notas mais baixas e de 20% para 33% no de notas mais altas.

Fazendo a ressalva da limitação da amostra, obteve-se o tamanho de efeito de 0,58, o que significaria um ganho percentual de 22% correlacionado com a aplicação da avaliação formativa.

Os testes formativos guiados aumentaram o tempo de prática ativa nas aulas. Durante a aplicação dos mesmos foi observada uma interação qualitativa e quantitativamente melhor entre professora e alunos, com os discentes bem mais dispostos a pedir explicações complementares. O fato da turma experimental ter contado com duas aulas expositivas a menos que a de controle reforça a tese que a metodologia escolhida otimiza o tempo de aula.

A aplicação dos testes formativos por um avaliador externo não aparenta ser o procedimento ideal. Até mesmo por questões logísticas, os resultados seriam maximizados caso o professor fosse responsável pela elaboração, aplicação e correção dos testes, o que não pode ser efetuado haja vista que o autor deste trabalho não ministrava aulas em colégio algum.

Este trabalho procurou defender a avaliação formativa como um método de ensino eficiente e justificou sua adoção com um amplo espectro de evidências até então disponíveis. Esforçou-se para que as medidas e orientações fossem de ordem prática e de real utilidade para o professor de física.

O contexto de cada profissional de ensino será um fator crucial para decidir quais estratégias cabem melhor no seu caso particular, como ilustra a própria experiência do autor, que se deparou com a necessidade de alterar seus planos originais.

Fatalmente boa parte dos professores recém-formados dará aula em escolas públicas e, salvo raras exceções, se deparará com alunos com conhecimentos extremamente aquém do esperado para a série cursada. É justamente este perfil de aprendizes que demandam maiores esforços por parte dos docentes.

Os testes formativos guiados parecem atender melhor alunos de baixo desempenho que os testes formativos autônomos. É preciso que o aluno mostre onde está falhando para que possa ser corrigido adequadamente, caso contrário o avaliador considerará indistinguível a condição atual do aprendiz da que o mesmo apresentava antes de ser exposto às aulas sobre o tema em questão. Ainda assim, a diferença de eficiência entre testes formativos guiados e testes formativos autônomos merece maiores investigações no futuro.

Uma concepção de ensino específica norteou o estudo aqui apresentado: ensinar é mais que proclamar os próprios conhecimentos. Não basta dominar uma área para saber ensiná-la. Seja física ou qualquer outra matéria, um bom professor necessita do domínio de um conteúdo e do domínio de como ensiná-lo.

Gerenciar o processo de ensino-aprendizagem exige do educador a manipulação de diversas estratégias e metodologias. O professor, como qualquer outro profissional, deve buscar os melhores métodos para desempenhar o seu trabalho. Se tal busca for pautada em conhecimentos científicos, tanto melhor para ele quanto para seus alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANHA, Maria Lúcia. **História da Educação e da Pedagogia: Geral e Brasil**. São Paulo: Moderna, 3ª Edição, 2006.

BLACK, Paul; WILIAM, Dylan. Inside the Black Box: Raising Standards Through Classroom Assessment. **Phi Delta Kappan**, p. 139-44, 146-48, Oct. 1998. Disponível em: < www.dianelauer.com/Assesslearntool/blackbox.pdf >. Acesso em: 03 fev. 2009.

CARNOY, Martin. **A vantagem acadêmica de Cuba**: por que seus alunos vão melhor na escola. São Paulo: Ediouro, 2009.

COMENIUS. **Didática Magna**. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2006.

CONBOY, Joseph. Algumas medidas típicas univariadas da magnitude de efeito. **Análise Psicológica**, Lisboa, 2003, v.2, n.2, p. 145-158. Disponível em: < www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/aps/v21n2/v21n2a02.pdf >. Acesso em: 10 out. 2009.

COSTA, Maria Daniela Silva. **Procrastinação, auto-regulação e género**. 2007. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2007. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6961/1/TESE%20Completa%20%282%29.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2009.

CRAHAY, Marcel. Qual a pedagogia para os alunos em dificuldade escolar? **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 37, n. 130, p. 181-208, jan./abr. 2007. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/cp/v37n130/09.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2009.

FERNANDES, Domingos. **Avaliar para aprender**: fundamentos, práticas e políticas. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

FERNANDES, Domingos. Para uma teoria da avaliação formativa. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, 2006, v.19(2), p. 21-50. Disponível em: <www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/rpe/v19n2/v19n2a03.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2009.

GAUTHIER, Clermont. O que é um bom professor? **Spninformação**, Porto, n. 19, p. 26-29, out. 2007. Disponível em: <http://www.spn.pt/Download/SPN/M_Html/Mid_172/Anexos/SPNInf19.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2009.

GURA, Trisha. Vou deixar para Amanha. **Mente & Cérebro**, São Paulo, n. 201, p. 31-36, out. 2009.

HADJI, Charles. **Avaliação desmistificada**. Porto Alegre: ARTMED Editora, 2001.

HATTIE, Jonh; TIMPERLEY, Helen. The Power of Feedback. **Review of Educational Research**, v.77, n. 1, p. 81-112, 2007. Disponível em: < <http://rer.sagepub.com/cgi/reprint/77/1/81> >. Acesso em: 11 set. 2009.

HOFFMAN, Jussara. **Avaliação Mediadora**: uma prática em construção da pré-escola à universidade. Porto Alegre: Editora Mediação, 26ª Edição, 2006.

HOFFMAN, Jussara. **Avaliar para promover**: as setas do caminho. Porto Alegre: Editora Mediação, 9ª Edição, 2006b.

LUCKESI, Cipriano. **Avaliação da aprendizagem escolar**. São Paulo: Cortez, 13ª Edição, 2002.

LUCKESI, Cipriano. Entrevista sobre avaliação da aprendizagem. **Jornal do Brasil**, Rio de Janeiro, 21 jul. 2000. Disponível em:
<http://www.luckesi.com.br/textos/art_avaliacao/art_avaliacao_entrev_jornal_do_Brasil_2000.pdf> Acesso em: 30 jan. 2009.

MARZANO, Robert. *et al.* **O ensino que funciona** – estratégias baseadas em evidências para melhorar o desempenho do aluno. Porto Alegre: Artmed, 2008.

MYERS, David G. **Psicologia**. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

PERRENOUD, Philippe. **Avaliação**: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas. Porto Alegre: ARTMED Editora, 1999.

PILETTI, Claudino; PILETTI, Nelson. **Filosofia e História da Educação**. São Paulo: Editora Ática, 15ª Edição, 2002.

PINTO, Amâncio. Memória, cognição e educação: Implicações mútuas. *In*: DETRY, B; SIMAS, F (Eds.). **Educação, cognição e desenvolvimento**: Textos de psicologia educacional para a formação de professores. Lisboa: Edinova. 2001, p. 17-54.
Disponível em:
<http://www.fpce.up.pt/docentes/acpinto/artigos/16_memoria_e_educacao.pdf>
Acesso em: 09 mar. 2009.

ROSENSHINE, Barak. **Advances in Research on Instruction**. Disponível em:
<<http://epaa.asu.edu/barak/barak.html>>. Acesso em : 08 set. 2009.

SCHACTER, Daniel. **Os sete pecados da memória**: como a mente lembra e esquece. Rio de Janeiro: Rocco, 2003.

SOUSA, Clarilza; VIEIRA, Vânia. Algumas contribuições teóricas para formação de professores sobre avaliação educacional: dos clássicos ao portfólio como instrumento de avaliação. *In*: DONATONI, Alaíde (Org.). **Avaliação escolar e formação de professores**. São Paulo: Editora Alínea, 2008, cap. 8, p.171-224.

STERNBERG, Robert. **Psicologia Cognitiva**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

THOMAS, Gary; PRING, Richard. **Educação baseada em evidências**: a utilização dos achados científicos para a qualificação da prática pedagógica. Porto Alegre: Artmed, 2007.

VIANNA, Heraldo. **Avaliação Educacional**: teoria - planejamento - modelos. São Paulo: IBRASA, 2000.

WRIGHT, Jonathan. **Os Jesuítas**: missões, mitos e histórias. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2006.

Anexo I – Tabela de conversão de tamanhos de efeito para ganhos percentuais

Tabela de conversão para tamanho do efeito/ganho percentual			
Tamanho do efeito	Ganho percentual	Tamanho do efeito	Perda percentual
0,00	0	0,00	0
0,02	1	- 0,02	-1
0,05	2	- 0,05	-2
0,08	3	- 0,08	-3
0,10	4	- 0,10	-4
0,13	5	- 0,13	-5
0,15	6	- 0,15	-6
0,18	7	- 0,18	-7
0,20	8	- 0,20	-8
0,23	9	- 0,23	-9
0,25	10	- 0,25	-10
0,28	11	- 0,28	-11
0,31	12	- 0,31	-12
0,33	13	- 0,33	-13
0,36	14	- 0,36	-14
0,39	15	- 0,39	-15
0,41	16	- 0,41	-16
0,44	17	- 0,44	-17

(Continua)

Tabela de conversão para tamanho do efeito/ganho percentual (continuação)

Tamanho do efeito	Ganho percentual	Tamanho do efeito	Perda percentual
0,47	18	- 0,47	-18
0,50	19	- 0,50	-19
0,52	20	- 0,52	-20
0,55	21	- 0,55	-21
0,58	22	- 0,58	-22
0,61	23	- 0,61	-23
0,64	24	- 0,64	-24
0,67	25	- 0,67	-25
0,71	26	- 0,71	-26
0,74	27	- 0,74	-27
0,77	28	- 0,77	-28
0,81	29	- 0,81	-29
0,84	30	- 0,84	-30
0,88	31	- 0,88	-31
0,92	32	- 0,92	-32
0,95	33	- 0,95	-33
1,00	34	- 1,00	-34
1,04	35	- 1,04	-35
1,08	36	- 1,08	-36
1,13	37	- 1,13	-37
1,18	38	- 1,18	-38
1,23	39	- 1,23	-39
1,28	40	- 1,28	-40
1,34	41	- 1,34	-41
1,41	42	- 1,41	-42
1,48	43	- 1,48	-43
1,56	44	- 1,56	-44
1,65	45	- 1,65	-45
1,75	46	- 1,75	-46
1,88	47	- 1,88	-47
2,05	48	- 2,05	-48
2,33	49	- 2,33	-49

Fonte: Marzano et al. 2009, p.143-144

Anexo II – Primeiro teste formativo

Exercícios de Energia Mecânica

"O importante é jamais parar de questionar" - Einstein

1) Um alpinista se encontra em repouso a 1000m acima do nível do mar. Sabendo que sua massa é de 80 kg, responda:

(a) Qual é a sua energia cinética?

(b) Qual a sua energia potencial gravitacional?

(c) Qual a sua energia mecânica?

2) Um carro de passeio de 1000 kg trafega pela Av. Brasil com velocidade escalar de 25m/s.

(a) Qual a sua energia cinética?

(b) Qual a sua energia potencial gravitacional?

(c) Qual sua energia mecânica?

3) Uma professora de física dá aula no segundo andar de uma escola, que fica 2 m acima do solo. Durante uma explicação, ela levantou um apagador na altura de sua cabeça e perguntou aos alunos qual era a energia potencial do apagador. Fabio e Rafael deram respostas diferentes, mas a professora considerou as duas como válidas. Explique como isso poderia ocorrer.

4) Existe alguma maneira de uma bicicleta e um caminhão, ambos em movimento, terem o mesmo valor de energia cinética?

Anexo III – Primeiro gabarito

Gabarito

1) Um alpinista se encontra em repouso a 1000m acima do nível do mar. Sabendo que sua massa é de 80 kg, responda:

(a) Qual é a sua energia cinética?

O alpinista está em repouso, logo sua velocidade é zero. Se a velocidade é zero, sua energia cinética também é nula. Pode-se dizer a mesma coisa aplicando a fórmula da energia cinética com os dados do problema.

(b) Qual a sua energia potencial gravitacional?

$$E_{mec} = E_c + E_p$$

$$E_{mec} = 0 + 800000 = 800000J$$

(c) Qual a sua energia mecânica?

$$E_{mec} = E_c + E_p$$

$$E_{mec} = 0 + 800000 = 800000J$$

2) Um carro de passeio de 1000 kg trafega pela Av. Brasil com velocidade escalar de 25m/s.

(a) Qual a sua energia cinética?

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$E_c = \frac{1000 \cdot 25^2}{2} = 312500J$$

(b) Qual a sua energia potencial gravitacional?

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_p = 1000 \cdot 10 \cdot 0 = 0$$

(c) Qual sua energia mecânica?

$$E_{mec} = E_c + E_p$$

$$E_{mec} = 312500 + 0 = 312500J$$

3) Uma professora de física dá aula no segundo andar de uma escola, que fica 2 m acima do solo. Durante uma explicação, ela levantou um apagador na altura de sua cabeça e perguntou aos alunos qual era a energia potencial do apagador. Fábio e Rafael deram respostas diferentes, mas a professora considerou as duas como válidas. Explique como isso poderia ocorrer.

Fábio e Rafael usaram referenciais diferentes. Um dos alunos, por exemplo, pode ter considerado a altura do apagador em relação ao piso da sala e o outro aluno adotado a altura em relação ao solo. Se a professora tivesse fixado um referencial haveria somente uma resposta certa.

4) Existe alguma maneira de uma bicicleta e um caminhão, ambos em movimento, terem o mesmo valor de energia cinética?

Sim, se a velocidade da bicicleta for grande o suficiente para compensar a diferença de massa entre ela e o caminhão. Para achar esta velocidade, nós igualamos a energia cinética da bicicleta com a do caminhão.

$$E_c(\text{bicicleta}) = E_c(\text{caminhão})$$

Vamos chamar as massas e as velocidades do caminhão da seguinte forma:

$$\text{Massa da bicicleta} = mb$$

$$\text{Massa do caminhão} = mc$$

$$\text{Velocidade da bicicleta} = vb$$

$$\text{Velocidade do caminhão} = vc$$

Temos então:

$$\frac{mb \cdot vb^2}{2} = \frac{mc \cdot vc^2}{2}$$

$$vb^2 = \frac{mc \cdot vc^2}{mb}$$

$$vb = \sqrt{\frac{mc \cdot vc^2}{mb}}$$

Anexo IV – Exercício resolvido e primeira atividade complementar

Exercícios de Energia Mecânica

1) Uma água de 4kg se encontra em repouso no topo de uma árvore de 15m. Qual sua energia mecânica?

Resposta:

Sabemos que a energia mecânica é dada por:

$$E_{mec} = E_c + E_p$$

Para acharmos a energia mecânica precisamos primeiro encontrar qual a energia cinética e a energia potencial gravitacional.

Como a água está em repouso sua energia cinética é zero. A energia potencial gravitacional é calculada com a fórmula:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

A altura que o problema nos indica usar é a do solo até o topo da árvore: 15m. Temos então:

$$E_p = 4 \cdot 10 \cdot 15 = 600J$$

Agora que temos os valores da energia cinética e da energia potencial gravitacional, podemos substituí-los na equação da energia mecânica.

$$E_{mec} = 0 + 600 = 600J$$

2) Um helicóptero voa a 600 metros acima do solo com velocidade constante de 40 m/s. Sabendo que helicóptero tem massa de 2 toneladas. Qual sua energia mecânica?

Resposta:

$$E_{mec} = E_c + E_p$$

Novamente, para acharmos a energia mecânica precisamos primeiro encontrar qual a energia cinética e a energia potencial gravitacional.

Desta vez, a energia cinética não será zero, pois o helicóptero se encontra em movimento. Usando a equação da energia cinética:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Como 1 tonelada é igual a 1000kg:

$$E_c = \frac{2000 \cdot 40^2}{2} = 1600000J \text{ ou } 1600kJ$$

Precisamos ainda achar a energia potencial gravitacional.

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_p = 2000 \cdot 10 \cdot 600 = 12000000J \text{ ou } 12000kJ$$

$$E_{mec} = 1600000 + 12000000 = 13600000J \text{ ou } 13600kJ$$

Agora Tente Fazer!

3) Um nadador de 60kg, momentos antes de saltar, se encontra em repouso num trampolim acima da piscina. Sabendo que sua energia mecânica é igual a 3000J, ache qual a altura do trampolim.

4) Uma patinadora de 50kg desliza sobre o gelo, da esquerda para direita, com velocidade constante e energia cinética igual a 225J. Qual o módulo da velocidade da patinadora?

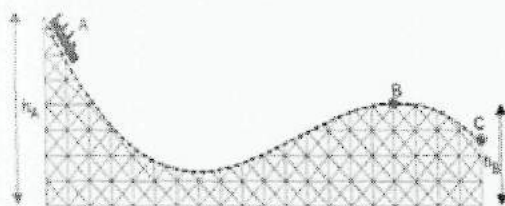
Respo: 3) $h=5m$ - 4) $v=5m/s$

Anexo V - Segundo teste formativo

Exercícios de Energia Mecânica

"O importante é jamais parar de questionar" - Einstein

1) Um carrinho de 300kg percorre os trilhos de uma montanha russa sem que ocorra dissipação de energia.



Sabendo que o carrinho parte, no ponto A, de uma altura igual a 15m com velocidade nula e chega ao ponto B com velocidade igual a 10m/s. Responda:

(a) Qual a energia mecânica do carrinho no ponto A?

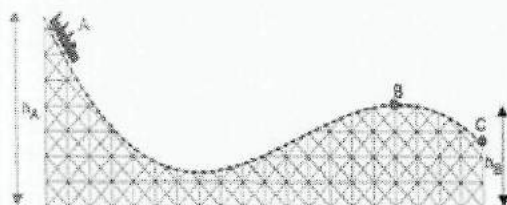
(b) Qual a altura do carrinho no ponto B?

(c) Qual a energia mecânica do carrinho no ponto C?

Anexo VI – Segundo gabarito e segunda atividade complementar

Gabarito

Um carrinho de 300kg percorre os trilhos de uma montanha russa sem que ocorra dissipação de energia.



Sabendo que o carrinho parte, no ponto A, de uma altura igual a 15m com velocidade nula e chega ao ponto B com velocidade igual a 10m/s. Responda:

(a) Qual a energia mecânica do carrinho no ponto A?

$$E_{mecA} = E_{cA} + E_{pA}$$

$$E_{mecA} = 0 + m \cdot g \cdot h_A$$

$$E_{mecA} = 300 \cdot 10 \cdot 15$$

$$E_{mecA} = 45000J$$

(b) Qual a altura do carrinho no ponto B?

Pela conservação da energia mecânica:

$$E_{mecB} = E_{mecA}$$

$$E_{mecB} = E_{cB} + E_{pB}$$

$$E_{cB} + E_{pB} = 45000J$$

$$\frac{mv_B^2}{2} + m \cdot g \cdot h_B = 45000$$

$$\frac{300 \cdot 10^2}{2} + 300 \cdot 10 \cdot h_B = 45000$$

$$15000 + 3000h_B = 45000$$

$$h_B = \frac{45000 - 15000}{3000}$$

$$h_B = 10m$$

(c) Qual a energia mecânica do carrinho no ponto C?

Pela conservação da energia mecânica:

$$E_{mecC} = E_{mecA} = E_{mecB} = 45000J$$

Tente Fazer!

Um nadador com 60 kg pula de uma plataforma 5m acima de uma piscina olímpica. Sabendo que inicialmente sua velocidade era zero, responda:

(a) Qual a energia mecânica do nadador imediatamente antes de tocar a piscina?

(b) Com que velocidade o nadador passa pelo ponto que está 1,8m acima da piscina?

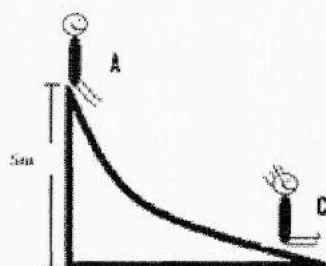
Anexo VII – Avaliação somativa

PROVA DE FÍSICA

1) (2,0 pontos) A energia mecânica de um sistema onde o corpo possui velocidade nula e altura diferente de zero corresponde a:

- a) Energia Cinética
- b) Energia Potencial
- c) Energia Cinética + Energia Potencial
- d) Zero
- e) Altura Nula

2) (2,5 pontos) Duduzinho parte do repouso em um tobogã (ponto A), a 5m de altura. Em seguida, escorrega até o ponto C, quase encostando no chão. Com que velocidade Duduzinho chegará no ponto C?



3) (1,5 pontos) Leia as afirmativas abaixo:

- A unidade de energia é o Joule.
- Um vaso que cai de um prédio, inicialmente em repouso, transforma energia cinética em potencial até parar totalmente.
- Quando a energia "antes" for igual a "depois" no movimento, o sistema será conservativo.
- Substâncias nucleares e água podem ser aproveitados para gerar energia elétrica.

Quantas afirmativas acima estão CORRETAS?

- a) uma
- b) duas
- c) três
- d) nenhuma