

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO



**A REVISÃO CONSTRUTIVA NA CONCEPÇÃO DE MOVIMENTO
RETILÍNEO UNIFORME, DA ARISTOTÉLICA PARA A GALILAICA.**

LAURENTINO GONÇALVES DA ROCHA

Recife, PE, 15 Agosto / 2005

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO**



**A REVISÃO CONSTRUTIVA NA CONCEPÇÃO DE MOVIMENTO
RETILÍNEO UNIFORME, DA ARISTOTÉLICA PARA A GALILAICA.**

LAURENTINO GONÇALVES DA ROCHA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências-nível de Mestrado da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Orientador: Alexandro Cardoso Tenório, Dr

Co-orientadoras: Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos, Dra
Helaine Sivini Ferreira, Dra

Recife, PE, 15 Agosto/ 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO



Laurentino Gonçalves da Rocha

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. ALEXANDRO CARDOSO TENÓRIO - UFRPE
Orientador

Prof. Dr. JAIRO ROLIM LOPES DE ALMEIDA - UFPE
1º Examinador

Prof. Dra. HELOISA FLORA BRASIL NÓBREGA BASTOS -UFRPE
2ª Examinadora

Prof. Dra. HELAINE SIVINI FERREIRA -UFRPE
3ª Examinadora

DEDICATÓRIA

À minha esposa, filhas, sobrinha e neto.

AGRADECIMENTOS

Todo ser humano tem suas predições, esperanças e sonhos. É fundamental que isso aconteça. Se quisermos aniquilar um homem, basta apenas tirarmos seus sonhos.

O meu sonho está se realizando, após essa jornada de estudos, pesquisas e convivências. Um sonho de quem acredita que somente através da educação, o ser humano se desenvolverá e poderá ter uma melhor qualidade de vida.

Este sonho gostaria de dedicá-lo , inicialmente, a Deus, o grande cientista do Universo que me permitiu chegar até o fim dessa longa, mas promissora caminhada com saúde, paz e harmonia na consecução do meu objetivo.

Quero agradecer à minha esposa, filhas, sobrinha e neto pelo apoio recebido e paciência demonstrada, sem os quais o sonho teria sido mais difícil de ser realizado.

Ao Prof. Alexandro, meu orientador, a quem admiro pela sua sapiência, paciência, dedicação, incentivo e confiança em todos os momentos do trabalho. Além de orientador, ganhei um amigo.

À Prof^a Helaine, co-orientadora, que contribuiu de maneiras simples e direta, com sugestões que facilitaram a minha pesquisa.

À Prof^a Heloisa, um agradecimento e reconhecimento todo especial, a quem admiro desde os tempos de aluno da graduação do curso de licenciatura plena em Física desta Universidade. Admiro a sua paciência, competência e proficiência demonstradas ao longo de todo este trabalho que ora se finda. Outras etapas virão, e como sempre, teremos a figura prestimosa e eficiente da Prof^a Heloisa a nos ajudar, a nos orientar.

Agradeço a todos os professores que direta ou indiretamente me ajudaram com seus saberes a realizar o meu sonho.

Agradeço a todos que contribuíram de alguma maneira nessa longa caminhada.

A todos, o meu reconhecimento e meu muito obrigado.

RESUMO

Trata a presente pesquisa da revisão construtiva, na estrutura cognitiva dos alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola pública estadual, da concepção de movimento retilíneo uniforme (MRU), do pensamento aristotélico para o galileano. Observa-se a dificuldade dos estudantes em compreender a existência de movimento sem a ação da força, oriunda da dificuldade de sua visualização no cotidiano, pois sua ocorrência exige condições laboratoriais de alta complexidade ou mentalmente idealizadas. A concepção aristotélica é de mais fácil verificação, pois origina-se da observação de eventos do nosso cotidiano. Neste trabalho, através de atividades fundamentadas no Ciclo da Experiência Kellyana (CEK), que faz parte da Teoria dos Construtos Pessoais (TCP), de George Kelly, nas concepções de MRU, segundo Galileu e Aristóteles e em conceitos básicos de Física, pretendemos investigar se o CEK é adequado para a desejada revisão conceitual, respondendo à seguinte indagação: Como promover entre alunos, a revisão do pensamento aristotélico para o de Galileu? Para a consecução da mudança, realizamos uma intervenção didática, baseada nos momentos do Ciclo. Os resultados obtidos indicaram uma quantidade relevante de alunos que passaram de uma concepção aristotélica para uma concepção galileana. Ao final do trabalho concluímos que o CEK é um método apropriado para promover uma mudança de concepção dos estudantes.

ABSTRACT

The current research deals with the constructive revision – in the cognitive structure of first year students in a public high school state, in the Uniform Rectilinear Motion (URM) conception, evolving from the Aristotelian to Galilean thinking. Students have a natural difficulty in understanding the existence of motion without a prime mover action – a Galilean concept – since they can only observe it in complex laboratory experiments or as a result of mental idealization. Differently, the Aristotelian conception permits an easier comprehension since it can be demonstrated from the sensorial observation of everyday experiments. In this work, through pedagogical activities based in the Kelly's Experience Cycle (KEC), part of the Personal Constructs Theory (PCT), formulated by George Kelly, examined the URM concepts, as per Galileo and Aristotle and revised basic concepts of Physics related to the research topics of concern to the students, we intend to investigate whether the KCE is appropriate for the desired conceptual revision asking the following question: how to promote, among first year students in a public high school, the revision of Aristotelian thinking introducing Galilean logic? In order to reach our objective we did a didactic intervention based in moments of Cycle. The results obtained, indicate a quantity considerable of students that change from aristotelian's conception to galilean's conception. At the end of the research we came to the conclusion that the KEC method is appropriate to promote a change of students' conception.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Problematização temática da revisão construtiva na estrutura cognitiva de alunos do 1º ano do ensino médio, da visão aristotélica para a de Galileu. ... p. 02.

Figura 02 – MRU e sua estrutura de construtos com pólos. ... p. 04

Figura 03 – Esquema da metáfora do homem-cientista. ... p. 14

Figura 04 – Cinco momentos do CEK desenvolvidos em sala de aula. ... p. 20

Figura 05 – Aristóteles. ... p. 22

Figura 06 – Galileu. ... p. 25

Figura 07 – Carrinho no plano inclinado rolando e parando no monte de areia que funciona como uma força de atrito. ... p. 31

Figura 08 – Carrinho no plano inclinado, com areia espalhada oferecendo menos resistência e percorrendo uma distância maior. ... p. 31

Figura 09 – Carrinho no plano inclinado sem a areia e, supondo sem atrito nenhum, ele irá se movimentar indefinidamente. ... p. 31

Figura 10 – Uma pessoa sentada na praia, observando o nascer do Sol. ... p. 32

Figura 11 – Locomotiva e seu sistema de trava com uma bola de aço sobre uma mola que se encontra dentro da chaminé. ... p. 33

Figura 12 – Experimento sem o túnel e com tira de plástico bem atrás da chaminé. ... p. 34

Figura 13 – Trem em MRU, uma pessoa situada externamente (S) e no seu interior (T), na observação da queda de um objeto. ... p. 35

Figura 14 – A Terra como ponto material no seu movimento de translação em redor do Sol. ... p. 36

Figura 15 – A Terra no seu movimento de rotação, considerada um corpo extenso. ... p. 36

Figura 16 – Representação de uma trajetória e posições A e B. ... p. 37

Figura 17 – Movimento de um corpo numa trajetória circular. ... p. 37

Figura 18 – Automóvel se deslocando num trecho de uma estrada entre duas localidades. ... p. 38

Figura 19 – Ato de puxar, empurrar e esticar uma mola. ... p. 39

Figura 20 – Movimento de um corpo sobre a superfície de outro, orientado num sistema oposto ao movimento do outro. ... p. 40

Figura 21 – Mostra do atrito do chão sobre a pessoa e da pessoa sobre o chão. ...p. 40

Figura 22 – Régua numérica com valores associados à classificação das respostas dos alunos, conforme quadro 1. ... p. 52

Figura 23 – Comparação da resposta da questão 8, do pré com o pós-teste do aluno II, no contexto da sua elaboração gramatical e conceituação científica. ... p. 59

Figura 24 – Exemplo de uma resposta mal elaborada gramaticalmente e bem cientificamente de um aluno no pré e no pós-teste. ... p. 60

Figura 25 – Frases de alunos registrados nos momentos do CEK. ... p. 62

Figura 26 – Exemplificação de uma resposta de um aluno que permaneceu com as idéias aristotélicas, no pré e no pós-teste. ... p. 65

Figura 27 – Resposta do aluno I do item 3 do momento do investimentos. ... p. 67

Figura 28 – Exemplo do registro do momento da confirmação ou refutação de um aluno. ... p. 69

Figura 29 – Registro do momento da antecipação do aluno II. ...p. 71

Figura 30 – Registro do momento da revisão construtiva do aluno XIII. ... p. 72

Figura 31 – Registro do momento da antecipação do aluno IV. ...p. 73

Figura 32 – Registro do momento da revisão construtiva do aluno IV. ... p. 73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Classificação das respostas do pré-teste que indicam um equilíbrio entre as idéias aristotélicas e galileanas. ... p. 53

Gráfico 02 – Classificação das respostas do pós-teste. ... p. 54

Gráfico 03 – Comparação do pré com o pós-teste mostrando a evolução. ... p. 55

Gráfico 04 – segmentos de alunos fixos e que progrediram. ... p. 56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos parâmetros das respostas dos pré e pós-testes para categorização dos alunos. ... p. 51

Quadro 2 - Faixas de valores numéricos para classificação das respostas dos alunos no pré e no pós-teste. ... p. 52

Quadro 3 – Respostas valoradas de um aluno de acordo com a régua termométrica, seu somatório e sua classificação no pré-teste. ... p. 53

Quadro 4 – Demonstrativo dos segmentos de alunos que progrediram e que permaneceram fixos em suas concepções. ... p. 56

Quadro 5 – Classificação das respostas dos alunos que progrediram, conforme quadro 1. ... p. 57

Quadro 6 – Somatórios percentuais das respostas dos alunos enquadradas nas idéias aristotélicas ou galileanas. ... p. 58

Quadro 7 – Classificação das respostas dos alunos que permaneceram com suas convicções, conforme quadro 1. ... p. 63

Quadro 8 – Somatórios percentuais das respostas dos alunos enquadradas nas idéias de Aristóteles ou Galileu. ... p. 63

SUMÁRIO

1. Introdução	01
2. Fundamentação teórica.....	07
2.1. Visões de ensino	07
2.1.1. Tradicional.....	07
2.1.2. Visões comportamentalista, humanista e construtivista.....	08
2.2. Teoria dos construtos pessoais de George Kelly.....	12
2.2.1. Posição filosófica: Alternativismo Construtivo.....	12
2.2.2. Metáfora do homem-cientista.....	13
2.2.3. Construto.....	14
2.2.4. Postulado.....	15
2.2.5. Corolários.....	15
2.2.6. Ciclo da experiência kellyana.....	19
2.3. Concepções de movimento.....	22
2.3.1. Movimento segundo a concepção de Aristóteles.....	22
2.3.2. Movimento segundo a concepção de Galileu.....	25
2.4. MRU e conceitos físicos básicos.....	32
3. Metodologia da Pesquisa.....	41
3.1. Antecipação.....	44
3.2. Investimento.....	45
3.3. Encontro com o acontecimento.....	45
3.4. Confirmação ou refutação.....	46
3.5. Revisão construtiva.....	46
4. Análise dos resultados.....	48
4.1 Introdução.....	48
4.2 Discussão dos resultados.....	50
4.2.1. Classificação das respostas e descrição dos parâmetros.....	50
4.2.2. Classificação e categorização dos alunos no pré-teste.....	53
4.2.3. Classificação e categorização dos alunos no pós-teste.....	54
4.2.4. Comparação dos conjuntos Aristóteles e Galileu.....	55
4.2.5. Alunos que progrediram em suas idéias.....	57
4.2.6. Alunos fixos em suas idéias.....	57
4.2.7. Análise dos momentos do CEK.....	65

4.2.7.1. Antecipação.....	66
4.2.7.2. Investimento.....	67
4.2.7.3. Encontro com o acontecimento.....	69
4.2.7.4 Confirmação ou refutação.....	70
4.2.7.5 Revisão construtiva.....	72
4.3. Momentos do CEK.....	74
5. Conclusões.....	75
Referências Bibliográficas.....	80
Anexos.....	83

1. INTRODUÇÃO

A Física é uma ciência que se propõe a descrever e a compreender os diversos fenômenos que se desenvolvem na natureza. Essa descrição e compreensão englobam concepções, conhecimentos, observações e pesquisas que foram se desenvolvendo num contexto de paradigmas e rupturas ao longo do processo histórico-social da humanidade.

No dia-a-dia verificam-se eventos físicos que ocorrem continuamente no ambiente em que vivemos. É o carro se deslocando, menino empurrando carrinho de mão na feira, gente se locomovendo, aviões pousando e decolando, bolas sendo chutadas ou arremessadas, enfim, uma gama de fatos que fazem parte da realidade das pessoas. Esses eventos são movimentos relacionados aos atos de empurrar, levantar ou puxar que observamos na natureza e no universo.

No ambiente educacional temos observado que os alunos chegam na escola, trazendo em sua bagagem cultural, diversos conhecimentos físicos construídos fora do contexto escolar e que são utilizados para explicar os fenômenos, eventos e processos que se verificam em sua vivência diária. Em relação aos movimentos, por exemplo, muitos acreditam que só há movimento com a ação de uma força, tendo dificuldade em associar a força à variação do movimento (PCN+, 2002).

Na prática pedagógica em sala de aula, particularmente entre alunos do 1º ano do ensino médio da escola pública, tem-se confirmado a dificuldade em compreender a existência de movimento sem a ação de uma força motora. Como propunha Aristóteles (382-322 a.C), os alunos tendem a considerar que para um corpo estar em movimento deve agir sempre sobre ele uma força (MORAES, 2000).

No meio científico, essa concepção perdurou até o século XVII, quando Galileu Galilei (1564-1642), sábio italiano, criador do método experimental, em suas experiências concretas e idealizadas mentalmente deduziu a existência do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)¹ sem a ação de força (NUSSENZVEIG, 1981).

¹ Quando um corpo se desloca com velocidade constante, ao longo de uma trajetória retilínea (MÁXIMO, 1997, p. 77).

As concepções alternativas dos estudantes relativas à Física, e em particular, a de que não pode haver movimento sem a ação de uma força, são oriundas de observações de eventos do dia-a-dia. O movimento sem a ação de uma força é difícil de ser observado no cotidiano das pessoas e, praticamente só existe, quando mentalmente idealizado ou em condições laboratoriais de alta complexidade, como, por exemplo, as viagens espaciais.

Revisar construtivamente, na estrutura cognitiva dos alunos, a concepção de MRU sob a ação de uma força para a concepção de Galileu foi o objetivo geral do nosso trabalho. Os objetivos específicos foram os seguintes: a) Identificar as concepções dos alunos, b) Analisar as concepções dos estudantes após a intervenção didática (ID) para verificar se houve ocorrência de revisão na estrutura cognitiva dos alunos e c) Avaliar a contribuição do CEK como instrumento metodológico para promover a revisão do conceito MRU sem a ação da força para a concepção galileana. Essa foi a temática da presente pesquisa, conforme figura 1, que pretendeu responder à indagação: Como promover, entre alunos do 1º ano do ensino de uma escola pública, a revisão do pensamento aristotélico para o de Galileu?

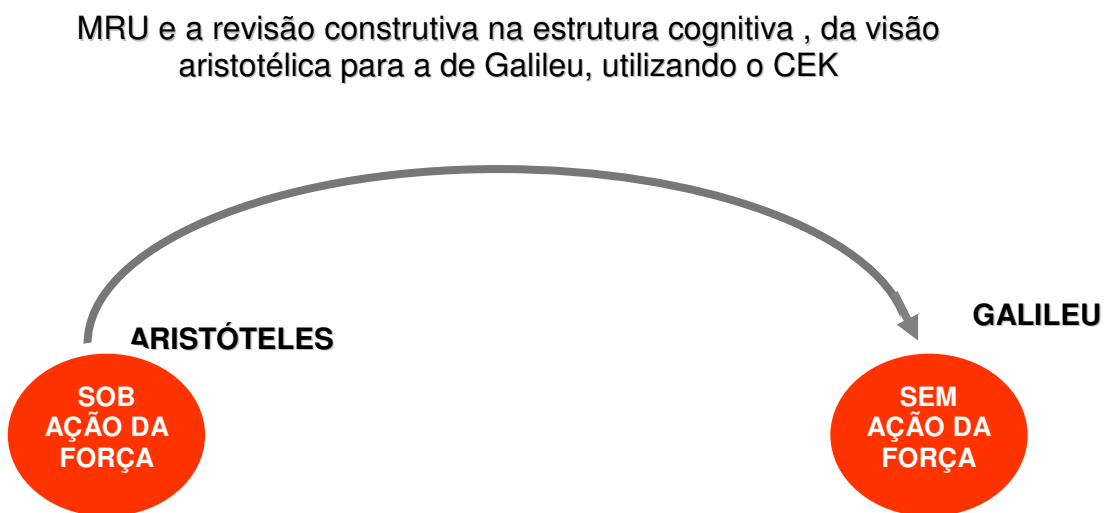


Figura 1 - Problematização temática da revisão construtiva na estrutura cognitiva de alunos do 1º ano do ensino médio, da visão aristotélica para a de Galileu.

Para alterar essa percepção e conseguir tal revisão, o presente trabalho desenvolveu atividades fundamentadas no Ciclo da Experiência Kellyana (CEK), que faz parte da Teoria dos Construtos Pessoais (TCP) de George A. Kelly (1955).

A TCP é uma teoria psicológica, que considera as pessoas como construtoras do seu conhecimento, através de um processo denominado ALTERNATIVISMO CONSTRUTIVO (BASTOS, 1992).

Nesse processo, segundo Kelly, “as pessoas compreendem a si mesmas, seus arredores e antecipam eventualidades futuras, construindo modelos tentativos e avaliando-os em relação a critérios pessoais, quanto à predição com sucesso e controle de eventos baseados nestes modelos” (POPE, 1985).

Dessa forma, para Kelly, as pessoas agem de maneira semelhante aos cientistas, desenvolvendo teorias pessoais para compreender a realidade e antecipar eventos. Essas teorias devem ser vistas como hipóteses abertas à reconstrução. Essa pode ocorrer quando a pessoa passa por uma experiência definida por Kelly como um ciclo, composto por cinco fases: “antecipação, investimento, encontro, confirmação ou desconfirmação e revisão construtiva” (KELLY, 1970, p.15).

Assim, a aprendizagem, segundo a TCP, é resultado das tentativas da pessoa de lidar com suas experiências. Desse modo, o conhecimento é relativo, construído pessoalmente, de acordo com as experiências, e também é possível mudá-lo por sucessiva experimentação. Além disso, a pessoa é quem toma as decisões, é a principal responsável por suas idéias e pela mudança nas mesmas (BASTOS, 1992).

Um aspecto importante é que as hipóteses desenvolvidas são baseadas em construtos, os quais são características representadas por eixos bipolares ou dicotômicos, que se percebem nos eventos e que servem para decidir se dois eventos são similares ou não (BASTOS, 1992).

Escolheu-se a TCP para fundamentar o presente trabalho porque:

1º) é uma teoria psicológica com abordagem construtivista, que apresenta alternativas de construção para o aprendiz na sua maneira de interpretar o mundo e a realidade que o cerca. Além disso, somente ele tem a liberdade para mudar tal interpretação. Na sua interpretação individual do mundo e da realidade que o circunda, o aluno passa a refletir, comparar e revisar conceitos e princípios. Dessa maneira, ele constrói e aprende.

2ª) podemos associar ao conceito MRU o construto necessidade de ação de uma força, com os pólos dicotômicos sem ou com necessidade de ação de uma força, que chamaremos respectivamente de pólos galilaico e aristotélico. Isto porque o conceito MRU é uma estrutura complexa de construtos, entre os quais podemos observar o construto velocidade, com os pólos varia ou não varia, o construto trajetória, com os pólos retilíneo e circular, o construto posição, com os pólos varia aleatoriamente ou varia em taxa constante e o construto necessidade de ação de uma força, com os pólos sem e com necessidade de ação de uma força. A ênfase do presente trabalho foi no construto necessidade de ação de uma força, com os pólos sem ou com necessidade de força.

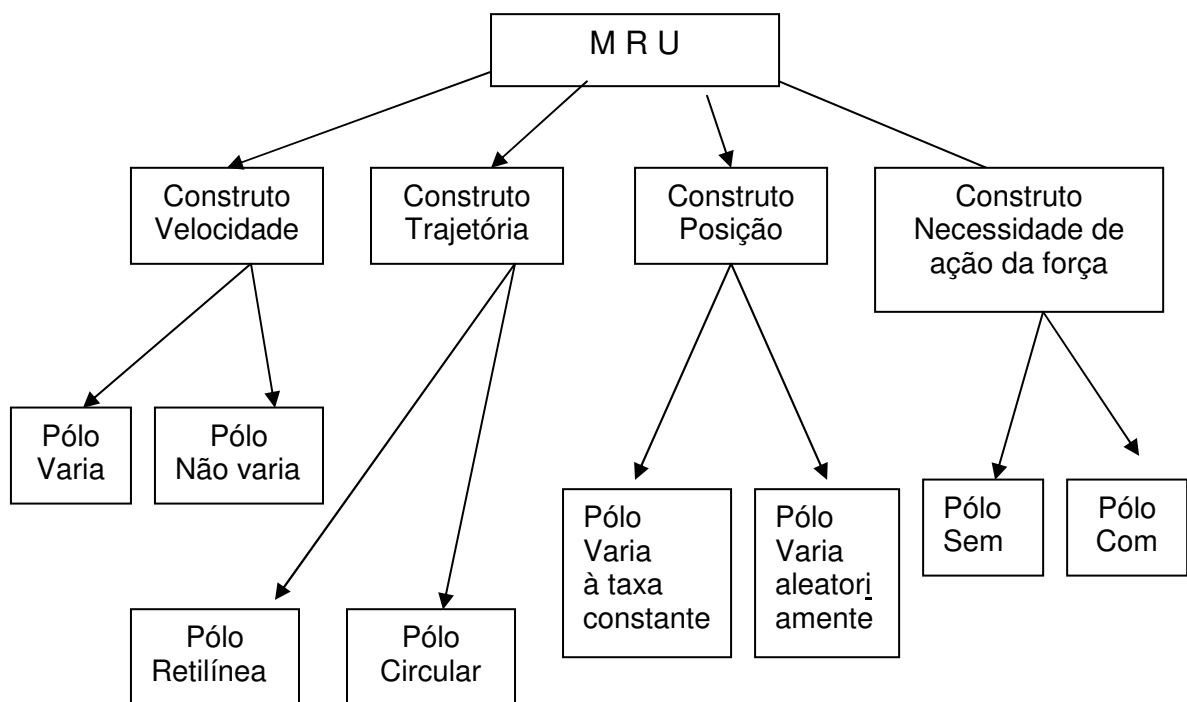


Figura 2 - MRU e a sua estrutura de construtos com seus pólos.

A revisão construtiva na estrutura cognitiva dos alunos, para passar da concepção aristotélica para a concepção galileana do MRU é difícil e complexa, porém necessária, pelos seguintes motivos:

a) para que os alunos saibam que o conhecimento físico se processa num contexto histórico-evolutivo de paradigmas e rupturas;

b) para compreenderem novos conhecimentos físicos, especialmente a Mecânica Relativística e a Quântica e,

c) para se inserirem nos mundos do trabalho, tecnológico e sócio-cultural.

Para o professor, também é importante compreender a maneira como essa revisão de concepção se processa a fim de que possa desenvolver metodologia que facilite a aprendizagem dos alunos sobre o tema.

Como utilizar o CEK para revisar construtivamente a concepção de alunos acerca do MRU, dissociando-a da visão aristotélica para associá-la à galilaica? Esse é o problema da pesquisa que pretendemos responder analisando a utilização do ciclo da experiência kellyana da Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly (1955).

Pretende-se, dessa maneira, inicialmente, identificar as concepções dos alunos, quer do ponto de vista aristotélico, quer galileano. Após a aplicação da intervenção didática baseada no CEK, analisamos as concepções dos alunos para uma comparação dos resultados do pré com o pós-teste. Concomitantemente, avaliamos a contribuição das diversas fases do CEK, como instrumento metodológico, para a revisão construtiva na estrutura cognitiva, do pensamento de Aristóteles para o pensamento de Galileu, entre alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola da rede pública estadual.

O segundo capítulo dessa dissertação é dedicado à fundamentação teórica. Nela fizemos uma apresentação da evolução das visões de ensino, desde a tradicional até à construtivista. Em seguida, enfatizamos a TCP em maiores detalhes, particularmente no estudo do CEK; discorremos sobre as concepções de movimento, segundo Aristóteles e Galileu e, finalmente, apresentamos os conceitos físicos básicos necessários e inerentes à aprendizagem do MRU.

No terceiro capítulo, descrevemos em pormenores toda a metodologia da pesquisa do presente trabalho, desde a escolha do tema, da escola e da amostra, bem como do estudo piloto, do pré-teste e da aplicação do pós-teste.

Detalhamos todo ciclo da experiência kellyana que serviu como instrumento metodológico na intervenção didática.

Já no quarto capítulo discutimos os resultados da pesquisa. Nele fizemos uma análise das respostas dos questionários aplicados no pré-teste e no pós-teste, bem como avaliamos a contribuição das diversas fases do CEK, como ferramenta metodológica para a revisão nas concepções dos alunos, de Aristóteles para Galileu. Essa avaliação foi feita com base nas respostas obtidas nos questionários aplicados por ocasião dos diversos momentos do CEK.

Finalmente, no quinto capítulo apresentamos as nossas conclusões, todas elas baseadas na análise e discussão dos resultados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O modo de se pensar em educação tem evoluído. Nessa evolução, as teorias educacionais vão mudando de acordo com a dinâmica da sociedade. Atualmente, considerar a construção do conhecimento pelo aprendiz é a teoria que se observa no processo educacional. Essa teoria é chamada de construtivismo (MOREIRA, 1999).

Na fundamentação teórica do presente trabalho, será feita, inicialmente, uma apresentação das visões de ensino, desde a tradicional até a construtivista. Em seguida, será discutida a TCP em maiores detalhes, com ênfase no estudo do CEK. Também serão apresentadas as concepções de movimento, segundo Aristóteles e Galileu e, finalmente, os conceitos físicos básicos necessários e inerentes à aprendizagem do MRU.

2.1. Visões de ensino

2.1.1. Tradicional

Na nossa vivência educacional o que se observa em sala de aula ainda é o ensino tradicional, conteudista, que considera o aluno como um receptáculo de informações. Nessa escola tradicional o aluno é visto como um mero receptor de informações e o professor, o transmissor de conhecimentos. São dois agentes, o aluno é o passivo, o que recebe, receptor; o professor é o ativo, o transmissor, o dono do conhecimento (NARDI, 2001).

Na concepção bancária da educação, o educador é o depositante de conteúdos nos alunos. Estes não passam de meros recipientes vazios que docilmente devem receber depósitos. Quanto mais conteúdos depositar, melhor educador será o professor (FREIRE, 1987). Todo o processo gravita em torno do professor. Tem-se como vetor de aprendizagem a memorização.

Por exemplo, como uma escola tradicional ensina a conta de divisão? O professor começa com o conteúdo. Escreve uma conta no quadro e ensina qual é o divisor, o

dividendo, o quociente e o resto. Logo após ensina a técnica da conta, o algoritmo. Depois passa para o ensino de técnicas de resolução de problemas de divisão. Tudo isso é feito pelo professor. Ao aluno resta apenas fazer contas e mais contas, problemas de fixação, listas de exercícios repetitivos, provas e assim por diante. Transforma-se o mesmo num ser mecanicista e robotizado (NETO, 2001).

Desse modo, descortina-se um ensino de memorização, descontextualizado, mecanizado e baseado no acúmulo de informações. É a passividade em detrimento da atividade do aprendiz. Ensina-se para quê?

2.1.2. Visões Comportamentalista, Humanista e Construtivista.

A Física, na construção do seu conhecimento, vem evoluindo de acordo com a dinâmica social da humanidade, num processo histórico de rupturas e paradigmas. Nessa evolução da construção do conhecimento, rumo à contemporaneidade, ela sofreu a influência de diversas tendências filosóficas e epistemológicas, quer no ensino, quer na aprendizagem.

O que é o conhecimento e como ele se forma foram questões de debates e discussões que propiciaram o surgimento de teorias e visões de mundo a respeito. De um modo geral, uma teoria é uma tentativa humana de sistematizar uma área de conhecimento, uma maneira particular de ver as coisas, de explicar e prever observações, de resolver problemas, dentro de uma determinada época. Segundo Moreira (1999),

Uma teoria de aprendizagem é uma construção humana que serve, numa determinada época, para interpretar sistematicamente a área de conhecimento que chamamos de aprendizagem. Representa o ponto de vista de um autor/pesquisador sobre como interpretar o tema aprendizagem e tenta explicar o que é aprendizagem, porque funciona e como funciona (p. 12).

Paralelamente às teorias, as pessoas desenvolvem e constroem suas visões e correntes filosóficas de como concebem e imaginam o mundo. Mundo este constituído de conceitos e princípios que se inter-relacionam com as teorias.

Dentro dessa perspectiva, conforme Tavares e Alarcão (1985), temos as visões do comportamentalismo, humanismo e construtivismo.

2.1.2.1. Comportamentalismo

O comportamentalismo, também denominado de behaviorismo, surgiu no início do século, particularmente nos Estados Unidos, como uma reação ao mentalismo² que dominava a psicologia na Europa (MOREIRA, 1999).

A visão comportamentalista, inspirada na filosofia empirista e positivista, atribui exclusivamente ao ambiente a constituição das características humanas e prioriza a experiência como fonte de conhecimentos e de formação de comportamentos e de hábitos (REGO, 1998).

É uma teoria da aprendizagem que se centra apenas nos comportamentos mensuráveis e observáveis do sujeito, negligenciando suas atividades mentais. A aprendizagem é simplesmente definida como a aquisição de um novo comportamento.

O homem é, basicamente, um organismo de resposta a estímulos exteriores de modo mais ou menos automático. Assim, a aprendizagem, dentro do contexto comportamentalista, é considerada como uma forma de condicionamento, originado de uma associação entre estímulos e reações específicas, que são susceptíveis de serem reforçadas até ao máximo possível se estiverem na linha de aprendizagem desejada ou então, ignoradas até o seu fim e, eventualmente punidas se afastarem o aluno dessa finalidade. Ressalta o “saber fazer”, o comportamento exterior observável e mensurável (TAVARES e ALARCÃO, 1985).

Assim sendo, as implicações pedagógicas da abordagem comportamentalista na educação podem ser sintetizadas da seguinte maneira (MOREIRA, 1999):

- ♦ O ambiente é fator primordial na aprendizagem e no desenvolvimento humano.
- ♦ O comportamento humano pode ser medido e avaliado.
- ♦ A aprendizagem decorre da relação estímulo-resposta e das conseqüências de ações praticadas, tendo como objetivo a aquisição de novos comportamentos ou de modificação dos já existentes.

² Estudo psicológico do que as pessoas pensavam e sentiam na época do nascimento do behaviorismo.

- ♦ O ensino resulta do arranjo e planejamento de reforços através dos quais o aluno é levado a adquirir ou modificar um comportamento.

Nesse processo de aprendizagem comportamentalista, a ação educativa do professor se desenvolvia da seguinte maneira (MOREIRA, 1999):

- Apresentação de estímulos, particularmente reforços positivos na quantidade e no tempo certo, com o fim de aumentar ou diminuir a frequência de alguns comportamentos dos estudantes.
- Aquilo que os alunos deveriam aprender, seria expresso em termos de comportamentos observáveis os quais definiriam o que os estudantes deveriam fazer, em quanto tempo e sob que condições, após a instrução.
- A avaliação consistiria em verificar se as condutas previstas nos objetivos comportamentais seriam apresentadas ao final da instrução.
- Caso tudo isso acontecesse, admitia-se que, de fato, havia ocorrido aprendizagem.

Como alguns teóricos dessa visão comportamentalista podemos citar John B. Watson, Pavlov, B. F. Skinner.

2.1.2.2. Humanismo

A visão humanista concebe o ser que aprende, primordialmente, como pessoa, como ser humano que é. A ênfase é no sujeito, no Homem situado no mundo.

Essa pessoa conhece, expressa seus sentimentos e é livre para escolher suas ações (CLONINGER, 1999).

Essa visão se contrapunha ao comportamentalismo que excluía os fatores afetivos e emocionais do ser humano. Para os humanistas, a emoção era inerente e fundamental à pessoa.

No humanismo o importante é a auto-realização do ser humano e seu crescimento pessoal. O aluno é observado como um todo complexo de sentimentos, pensamentos, ações e intelecto.

A educação é centrada na pessoa e a aprendizagem não se limita apenas a um aumento de conhecimentos. Ela é penetrante, visceral e influi nas escolhas e atitudes do aluno. Pensamentos, ações e sentimentos estão integrados. Para os humanistas, a aprendizagem não se reduz apenas à aquisição de mecanismos baseados em estímulos-respostas.

Trata-se de um processo cognitivo que, segundo Carl Rogers, o educando cresce e adquire experiência quando deixado livre para descobrir seu próprio caminho, numa atitude de auto-realização e auto-avaliação, no processo de se tornar pessoa. Se “tornar pessoa” é a base de todo o processo de aprendizagem na visão humanista (TAVARES e ALARCÃO, 1985).

Dessa maneira, o ensino-aprendizagem possibilita a liberdade de escolha, sua auto-avaliação e permite metodologicamente a cada educador elaborar a sua forma de aprendizagem.

Seus principais teóricos foram Carl Rogers, Novak, Gowin, Freinet e Gusdorf.

2.1.2.3. Construtivista

O construtivismo é uma posição filosófica cognitivista interpretacionista. Cognitivista porque se ocupa da cognição, de como o indivíduo conhece, de como ele constrói sua estrutura cognitiva³.

Interpretacionista porque supõe que os eventos e objetos do universo são interpretados pelo sujeito cognoscente. O ser humano tem a capacidade criativa de interpretar e representar o mundo, não somente de responder a ele. (MOREIRA, p.15, 1999). O construtivismo parte da idéia de que a realidade não se revela diretamente, mas tem que ser construída.

Essa visão construtivista pressupõe que todos nós construímos a nossa própria concepção do mundo em que vivemos a partir da reflexão sobre as nossas próprias

³ Relativa ao conhecimento, à cognição (HOUAISS, 2001)

experiências. O sujeito é o construtor de seu conhecimento e essa construção pode ser revisada ou substituída.

Na perspectiva construtivista, há dois princípios básicos:

- 1) a aprendizagem acontece através do envolvimento ativo do aprendiz na construção do conhecimento.
- 2) as idéias prévias e alternativas dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem, já que só é possível aprender com base no que já é conhecido.

No ensino construtivista o aluno deixa de ser um mero receptor de conhecimentos e, passa a ser, um ativo construtor de sua própria aprendizagem, não importando como os conhecimentos são armazenados e organizados em sua mente (MOREIRA, 1999).

Os teóricos mais conhecidos são Piaget, Vygotsky, Bruner, Johnson-Laird, Ausubel e George Kelly com sua Teoria dos Construtos Pessoais.

2.2. Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly

A Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly é uma teoria psicológica com bases epistemológicas construtivistas. A pessoa é a construtora de seu saber dentro de uma visão ativa do conhecimento (BASTOS, 1992).

2.2.1. Posição Filosófica: Alternativismo Construtivo

A base filosófica da Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly é o Alternativismo Construtivo. Segundo Kelly, “partimos do pressuposto de que todas as nossas interpretações do universo estão sujeitas a serem revistas e substituídas” (KELLY, 1955 apud CLONINGER, 1999, p. 427).

Essa posição filosófica sustenta a idéia de que cada pessoa tem interpretação única do universo e que sempre existe a possibilidade dela elaborar construções alternativas e que cabe à mesma, e somente a ela, a liberdade de alterar ou não essas construções.

Em síntese, as pessoas são livres para interpretar o mundo e a realidade que as cerca de diversas maneiras. Se não gostar, constróem outras. Sempre existem construções alternativas para a compreensão do mundo e da realidade ao derredor das pessoas.

2.2.2. Metáfora do Homem-Cientista

A TCP de George Kelly parte do pressuposto de que as pessoas atuam como cientistas, e como tal, desenvolvem teorias pessoais para compreender a realidade e fazer antecipações. Desse modo, elas têm expectativas, assim como os cientistas têm hipóteses. Desenvolvem experiências para comprovar essas expectativas, bem como os cientistas observam e experimentam. Essas hipóteses e predições, posteriormente se confrontam com os acontecimentos, para confirmá-las ou refutá-las. Em caso de refutação, as pessoas modificam ou constroem outras.

Assim, essa interpretação, explicação ou construção pessoal da experiência representa o modo, o padrão de como as pessoas vêem os eventos (SCHULTZ, 2002).

Conforme figura 3, o cientista usa as teorias para desenvolver suas hipóteses, observa e faz os experimentos para comprovação das teorias.

As pessoas, assim como os cientistas, usam os construtos ou sistema de construção para antecipar eventos e predizer o que vai acontecer, testando-os na realidade que as cercam. Caso não os confirmem, modificam-nos ou então constróem outros.

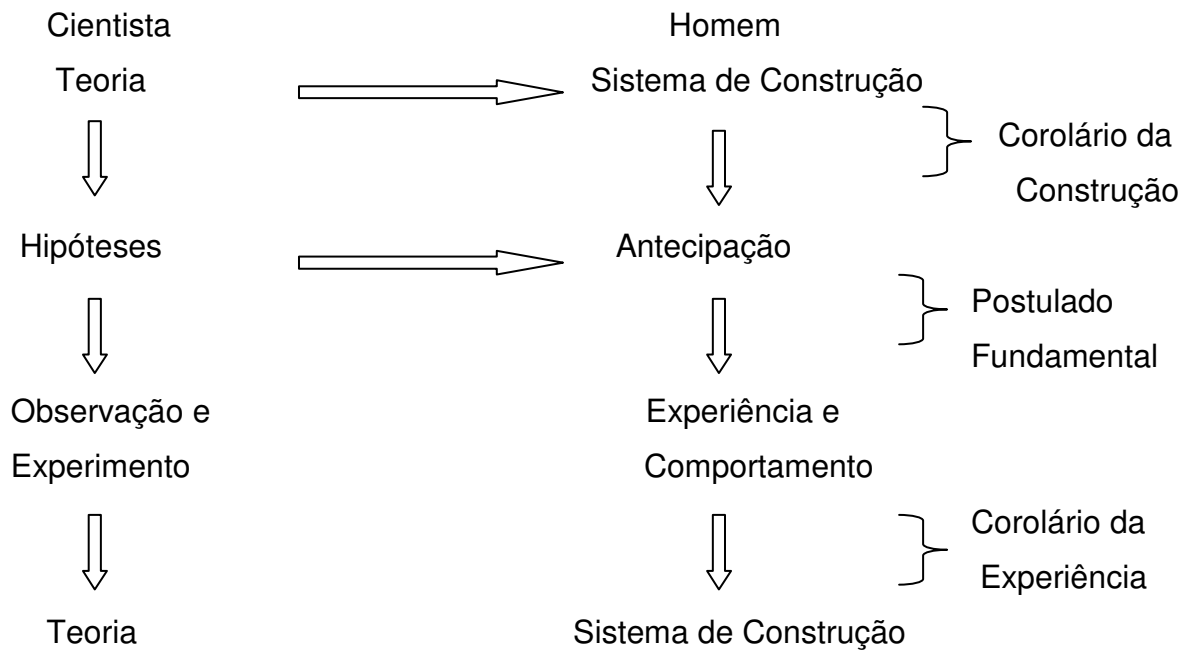


Figura 3 - Esquema da metáfora do homem-cientista.

2.2.3. Construto

Para Kelly os construtos são características que você percebe nos eventos e que têm eixos contínuos e bipolares dicotômicos. Esses pólos formam a base para decidir se dois eventos são semelhantes ou não e, segundo Bastos (1998, p.3)

Os construtos não são representações nem símbolos de eventos, mas abstrações que as pessoas constroem em suas mentes para lidar com eventos - ou agrupando ou fazendo distinções entre eles. Essas abstrações são vistas por Kelly como originando-se da comparação entre pelo menos três eventos. Através dessa comparação, (duas características são identificadas - uma que se aplica a dois desses eventos e outra que não se aplica a esses dois, mas se aplica ao terceiro. Assim, essas características, que são chamadas pólos do construto, são a base para estabelecer semelhança e diferença ao mesmo tempo.

Os construtos têm dupla função:

- 1ª) processar a informação que chega aos sentidos;
- 2ª) antecipar os acontecimentos.

2.2.4. Postulado⁴

A TCP é constituída de um postulado fundamental e de onze corolários derivados do respectivo postulado. Esse postulado diz que "os processos de uma pessoa estão psicologicamente canalizados pelas maneiras como tal pessoa antecipa os acontecimentos" (KELLY, G, 1966 apud MINGUET, 1998, p.152).

Segundo esse postulado, os processos psicológicos de uma pessoa são orientados pelo modo com que a mesma antecipa os eventos e interpreta o mundo que a cerca. Para Kelly (1955), os processos são as nossas experiências, pensamentos, sentimentos e comportamentos. Essas coisas são determinadas pela realidade externa e pelos nossos esforços em anteciparmos ao mundo, a outras pessoas e a nós mesmos a qualquer momento e lugar. As pessoas pensam de acordo com as idéias que possuem.

2.2.5. Corolários⁵

a. Corolário da Construção

"Uma pessoa antecipa eventos construindo suas réplicas" (KELLY, 1970 apud BASTOS, 1992, p.11, tradução livre).

As pessoas constróem suas antecipações usando as suas experiências anteriores. Em princípio, os seres humanos são criaturas fundamentalmente conservadoras; espera-se que as coisas ocorram tal como tenham acontecido anteriormente. Nessas antecipações buscam-se padrões, coerências nas experiências das pessoas. Por exemplo: se me comporto de forma educada, amável com alguém, espero que façam o mesmo comigo. Outro exemplo: hoje não é igual a ontem nem será igual a amanhã. Mas o segmento dia se repete com o nascer e o pôr-do-sol. Para a construção das réplicas dos eventos, a pessoa utiliza certas características perceptíveis nos mesmos.

⁴ Fato admitido sem necessidade de demonstração; premissa. (HOUAISS, 2001).

⁵ Prosseguimento de argumentação, reflexão ou afirmação. (HOUAISS, 2001).

Kelly (1955) denominou essas características de construtos, que são eixos bipolares ou dicotômicos que formam a base para decidir se dois eventos são similares ou não. É importante ressaltar que a similaridade ocorre na construção dos eventos e não nos eventos propriamente ditos.

b. Corolário da Individualidade

“As pessoas se diferenciam umas das outras nas construções de eventos” (KELLY, 1970 apud BASTOS, 1992, p.12, tradução livre).

Cada pessoa diante do mesmo evento vai perceber coisas diferentes nele. O evento não tem um sentido próprio, definido em si, mas sim, significado diverso atribuído pelas pessoas que dele participam. Por exemplo: uma cena de um filme ou uma notícia são observados de uma maneira positiva por uma pessoa, enquanto que para outra, essa observação se dá de maneira negativa.

c. Corolário da Organização

“Cada pessoa caracteristicamente desenvolve, para sua conveniência em antecipar eventos, um sistema de construção que possui relações ordinais entre os construtos” “As pessoas se diferenciam umas das outras nas construções de eventos” (KELLY, 1970 apud BASTOS, 1992, p. 12, tradução livre).

Kelly considera que os construtos estão relacionados entre si formando uma estrutura complexa que varia de pessoa para pessoa. Este sistema não é estático, mas aberto às mudanças. As pessoas sistematizam seus construtos, organizando-os em hierarquias e abstraindo-os mais ainda.

d. Corolário da Dicotomia

“O sistema de construção de uma pessoa é composto por um número finito de construtos dicotômicos” (KELLY, 1970 apud BASTOS, 1992, p. 12, tradução livre).

Kelly supõe que todos os construtos têm uma forma basicamente dicotômica com seus pólos e a sua utilização nos permite fazer comparações. Por exemplo, segundo Moreira (p.131, 1999), se a participação de professores e alunos é um aspecto significativo para o evento que chamamos aula, este mesmo aspecto serve também para dizer que um outro evento, digamos uma reunião de professores, não é uma aula.

Por outro lado, escolheríamos um outro aspecto replicativo para dizer se um outro evento é ou não é uma reunião de professores.

Outro exemplo, construto mesa tem significado não apenas porque uma série de objetos chamados mesas são similares uns aos outros em determinado aspecto, mas também porque outras peças de mobiliário estão em contraste em relação a este mesmo aspecto. Faz sentido, por exemplo, apontar para uma cadeira e dizer “isso não é uma mesa”, mas não faz sentido apontar para o pôr-do-sol e dizer “isso não é uma mesa”.

e. Corolário da Escolha

“Uma pessoa escolhe para si aquela alternativa num construto dicotomizado através do qual ela antecipa a maior possibilidade para a elaboração de seu sistema” (KELLY, 1970 apud BASTOS, 1992, p. 15, tradução livre).

Qual de nossos construtos devemos escolher para aplicar a um determinado acontecimento? Kelly disse que a escolha será feita sobre aquele que antecipamos como o mais elaborado dentro do nosso sistema de construção ou seja, aquele que melhore nossa compreensão, nossa habilidade para anteciparmos. Na consolidação de seus sistemas de construção, as pessoas têm que ter em mente como os construtos são aplicados a objetos e a sua relação entre si.

f. Corolário de Faixa

“Um construto é conveniente para a antecipação de apenas uma faixa finita de ventos” (KELLY, 1970 apud BASTOS, 1992, p. 12, tradução livre).

Esse corolário nos diz que o construto tem um uso apenas limitado a uma determinada faixa de eventos e que se relaciona com o acontecimento ao qual ele se aplica. A faixa pode ser ampla ou específica, como por exemplo: o construto bom – mau pode-se aplicar a qualquer coisa mas fluorescente – incandescente só é aplicável às lâmpadas. Porém, deve-se observar que aquilo que é relativamente específico para mim é bastante amplo para outra pessoa.

g. Corolário da Modulação

“A variação no sistema de construção de uma pessoa é limitado pela permeabilidade dos construtos em cujas faixas de conveniência se encontram as variantes” (KELLY, 1970 apud BASTOS, 1992, p. 19, tradução livre).

Esse corolário diz respeito à limitação da mudança e em que proporção os construtos de uma pessoa podem ser aplicados a novas experiências. Um construto é permeável se admite dentro de sua faixa de conveniência novos elementos que não foram aí construídos e que independem do estabelecimento de relações lógicas no seu sistema de construtos.

h. Corolário da Fragmentação

“Uma pessoa pode sucessivamente empregar uma variedade de sub-sistemas de construção que são inferencialmente incompatíveis entre si” (KELLY, 1970 apud BASTOS, 1992, p. 20, tradução livre).

A permeabilidade dos construtos não depende do estabelecimento de relações lógicas dentro do sistema. É a habilidade do seu sistema de manter relações não-lógicas que permite o desenvolvimento do seu conhecimento. Essa questão no processo ensino-aprendizagem nos permite compreender a falta de relações lógicas entre as explicações dadas pelos alunos a fenômenos que são considerados semelhantes pelos professores. É importante observar que o sistema de construção individual da pessoa é fragmentado não obedecendo a uma lógica universal.

i. Corolário da Comunhão

“Na medida em que uma pessoa usa uma construção da experiência que é similar àquela empregada por outra, seus processos são psicologicamente similares àqueles da outra pessoa” (KELLY, 1970 apud BASTOS, 1992, p. 20, tradução livre).

Pessoas diferentes podem construir experiências baseadas em ações similares, apesar de possuírem sistemas de construtos diversos. Assim sendo, pode-se dizer que duas pessoas podem agir de maneiras semelhantes, embora com construtos diferentes.

j. Corolário da Sociabilidade

“Na medida em que uma pessoa constrói o processo de construção de outra, ela pode desempenhar um papel num processo social envolvendo a outra pessoa” (KELLY, 1970 apud BASTOS, 1992, p. 22, tradução livre).

Este corolário nos diz que, segundo Bastos (1992), devemos tentar entender a forma como uma outra pessoa constrói o seu sistema de eventos. Tal fato torna-se muito importante no processo do ensino-aprendizagem visto que o que se observa na abordagem tradicional de ensino de Ciências são os alunos tentando compreender os processos de construção do professor. O que não acontece com os professores, que se despreocupam em entender e interagir com as idéias de seus alunos.

I. Corolário da Experiência

“O sistema de construção de uma pessoa varia quando ela sucessivamente constrói a réplica de eventos” (KELLY, 1970 apud BASTOS, 1992, p. 17, tradução livre).

Uma pessoa experimenta algo quando ela consegue construir uma réplica desse evento. É na experiência e na sua vivência de construção de idéias, atuando como um cientista, que a pessoa vai desenvolvendo sua aprendizagem e mudando ou não o seu sistema de construtos. O resultado dessas tentativas individuais em lidar com suas experiências é considerado por Kelly (1955) como aprendizagem.

Essa aprendizagem se processa segundo um ciclo composto de cinco momentos: antecipação, investimento, encontro, confirmação ou desconfirmação e revisão construtiva. Esse ciclo foi denominado de ciclo da experiência kellyana (CEK).

2.2.6. Ciclo da experiência kellyana

A aprendizagem, segundo Kelly, faz-se através da experiência, dentro da metáfora do “homem-cientista”.

À semelhança do cientista que utiliza o método experimental para ajuste de suas teorias, as pessoas também procuram melhorar a compreensão de suas realidades fundamentadas em suas experiências.

Essas experiências constituem a própria aprendizagem. Assim como o cientista usa a experimentação, o processo da aprendizagem das pessoas se desenvolve segundo o ciclo da experiência kellyana que é composto de cinco momentos: a antecipação, o investimento, o encontro, a confirmação ou refutação e a revisão construtiva (CLONINGER, 1999),

Dessa maneira, segundo Bastos (1998) “para haver aprendizagem, é preciso engajar a pessoa nesse processo complexo, que se inicia com a fase da antecipação, quando a pessoa tenta antecipar o evento, utilizando os construtos que possui no seu sistema de construção. Após essa fase, dependendo de sua capacidade de construir a réplica do evento, a pessoa se engaja numa fase de investimento, quando ela se prepara para se encontrar com o evento. No evento propriamente dito, a pessoa checa suas teorias pessoais, o que conduz à confirmação ou desconfirmação das mesmas, seguida pela revisão dos pontos que geraram problemas”. Esse ciclo de construir os eventos e vê-los confirmados ou não se repete, às vezes com a revisão do sistema de construtos. O ciclo da experiência kellyana foi desenvolvido em sala de aula segundo a figura 4, mostrada logo abaixo.

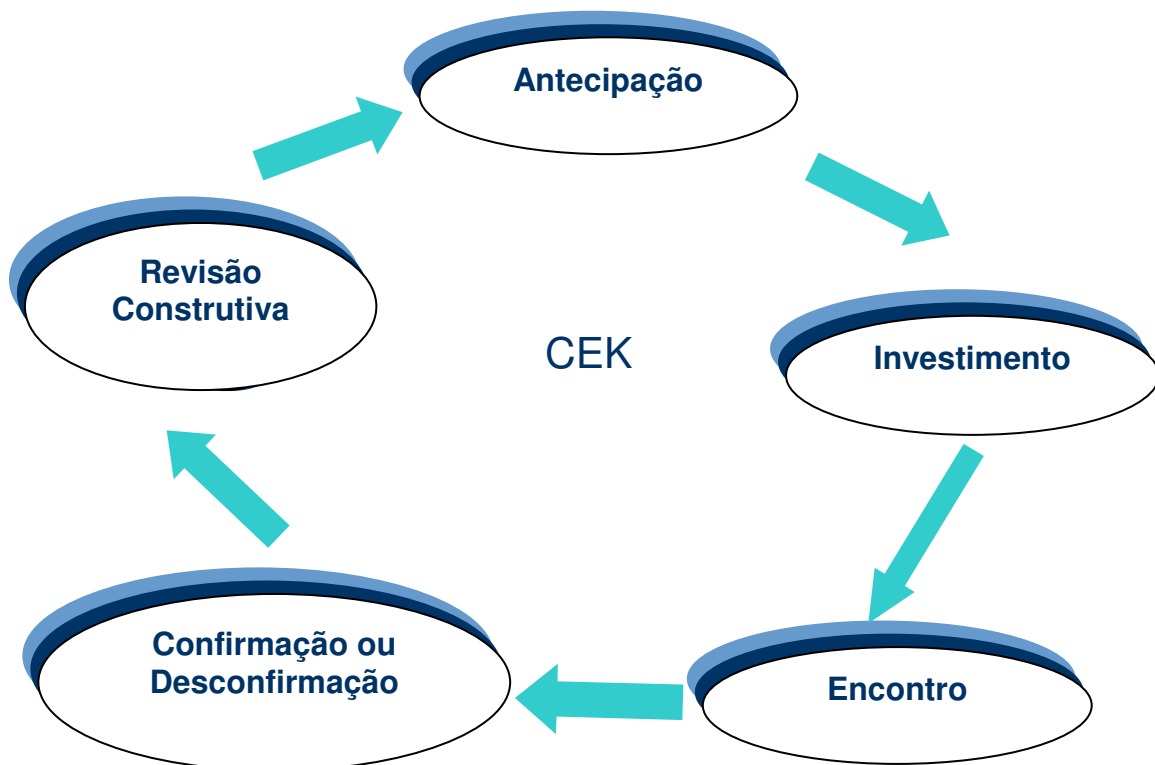


Figura 4 - Cinco momentos do CEK desenvolvidos em sala de aula (CLONINGER, 1999, p. 427).

2.2.6.1. Antecipação do acontecimento

É o momento em que a pessoa, utilizando seus construtos do sistema de construção, procura antecipar os eventos. É, por assim dizer, o momento de pensar da pessoa, da arrumação dos conhecimentos em sua estrutura cognitiva. Por exemplo, a pessoa foi convidada para participar de um evento qualquer, uma aula por exemplo, cujo tema foi o movimento com ou sem ação de uma força, dentro das concepções de Aristóteles e de Galileu. A partir desse momento, ela começa a pensar o que sabe sobre o assunto. Surgem várias expectativas a respeito do acontecimento e são formuladas diversas hipóteses acerca do evento. Quem é Aristóteles? E Galileu? Para que me servem esses nomes? O que é força? Ah! Quando era estudante, aprendi o que é movimento e repouso nas aulas de cinemática, nas quais o professor me explicou o que era movimento, referencial, velocidade, etc.

Dessa maneira, pode-se dizer que a pessoa faz um “balanço cognitivo” em sua estrutura cognitiva, ou seja, faz um levantamento dos conhecimentos que já tem sobre o tema do evento para o qual foi convidada, e os que não sabe, ela vai procurar, vai buscar informações para desenvolver esses conhecimentos. Essa busca, essa procura é o momento seguinte do ciclo, chamado de Investimento.

2. Investimento

É o momento em que, dependendo da capacidade da pessoa de construir a réplica do acontecimento, ela vai se preparar para o encontro com o evento. No caso do exemplo citado na antecipação, é o momento da procura, da busca de informações que faltam para que a pessoa possa se fundamentar e preparar-se para o próximo momento que é o Encontro com o acontecimento.

3. Encontro com o acontecimento

Esse momento é o acontecimento, o evento em si para o qual a pessoa foi convidada e se preparou para tal.

Nesse momento a pessoa vai checar suas teorias e hipóteses, podendo confirmá-las ou não. No nosso exemplo, o evento é a aula propriamente dita.

Nessa aula ocorrerá um conflito cognitivo, ou seja, um choque de idéias entre os conhecimentos formais e científicos do professor com os conhecimentos que a pessoa trouxe, conhecimentos esses desenvolvidos no seu cotidiano mais aqueles que ela conseguiu a partir da busca ou procura, por ocasião do momento do investimento.

4. Confirmação ou refutação dos conhecimentos.

É o momento da confirmação ou desconfirmação das teorias ou hipóteses da pessoa. É caracterizado por uma tomada de decisão e suas conseqüências sobre a aceitação ou não dos resultados observados durante o encontro. Ele ocorre concomitantemente ou logo após o momento do Encontro. No caso do nosso exemplo, nesse momento o aluno validará ou não a sua antecipação ou hipótese sobre o evento. Tal fato é observado quando a pessoa começa a fazer perguntas, tais como: professor, não entendi! Pode repetir, por favor? O que é isso, professor? Professor, não é isso o que eu pensei! Por que é isso, professor? Assim, ela vai confirmando ou refutando em sua estrutura cognitiva os conhecimentos que considerar válidos ou não.

5. Revisão construtiva do sistema de construtos

É o momento em que a pessoa vai revisar os seus conhecimentos ou seja, ela fará uma revisão dos pontos que geraram problemas. No caso do exemplo, para essa revisão poderiam ser desenvolvidas atividades metodológicas como por exemplo, um vídeo sobre o tema do evento, encenação teatral ou mesmo experiências contextualizadas com o assunto do acontecimento. Essas atividades permitiriam as pessoas responderem às perguntas introspectivas: Será que é isso mesmo? Realmente, é ou não é o conceito certo? Além disso, as atividades procuraram levar os alunos a refletirem, a compararem suas idéias e a reverem suas concepções a respeito do tema.

2.3. Concepções de Movimento

2.3.1. Movimento segundo a concepção de Aristóteles

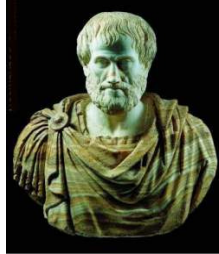


Figura 5 - Aristóteles

Aristóteles viveu entre 384 e 322 a.C. Ele nasceu na cidade de Estagira, uma colônia grega macedônica.

Em Atenas desde 367, foi durante vinte anos discípulo de Platão. Com a morte do mestre, instalou-se em Asso, na Eólida, e depois em Lesbos, até ser chamado em 343 à corte de Filipe da Macedônia para encarregar-se da educação de seu filho, que passaria à história como Alexandre, o Grande. Em 333 voltou a Atenas onde fundou o Liceu organizando-o em um bosque, onde tinha o hábito de andar, enquanto ensinava a seus alunos, que ficaram conhecidos como "os andarilhos", ou filósofos "peripatéticos". Durante 13 anos dedicou-se ao ensino e à elaboração da maior parte de suas obras. Foi considerado um dos maiores pensadores de todos os tempos e seus ensinamentos foram a base da Filosofia e da Ciência até o século XVII (FIGUEIREDO, 1998).

No mundo cosmológico aristotélico a Terra se encontrava imóvel e no centro do universo, rodeada por esferas concêntricas e transparentes. A menor delas era a Terra e a maior, a das estrelas fixas. Cada um dos planetas, o Sol e a Lua estavam contidos numa esfera.

A esfera da lua divide o universo em duas regiões completamente diferentes, povoadas de diferentes tipos de matéria e sujeitas a leis diferentes. A região terrestre ou mundo sublunar na qual vive o homem é imperfeita, sujeita a mudanças e variações. A região celeste ou mundo supralunar é eterna, imutável e perfeita. As esferas celestes movem-se natural e eternamente em círculos, ocupando sempre a mesma região do espaço.

Esse universo de Aristóteles se baseava no princípio de que todos os objetos que se encontravam na Natureza, eram constituídos de "quatro elementos": fogo, terra, ar e água. Observando que na Terra alguns objetos são leves e outros pesados, ele interpretava que os objetos possuíam um percentual de cada um desses elementos, sendo a Terra "naturalmente pesada", o fogo "naturalmente leve", a água e o ar, intermediários entre esses extremos (BEN-DOV, 1996).

Acerca do movimento, Aristóteles concluiu que ele só é possível quando, necessariamente, associado a uma força (PEDUZZI, 1996).

Para Aristóteles, todo movimento é uma mudança e como tal, não pode ocorrer sem a ação de uma força motora.

Dessa maneira, distinguiu dois tipos de movimentos: o "natural", resultante da tendência dos elementos que compõem um corpo de atingir seu lugar natural e o "violento", resultante da ação de forças externas.

O movimento natural dos corpos pesados é para baixo, e aquele dos corpos leves é para cima, ao longo de uma linha reta passando pelo centro da Terra e pelo observador. Uma pedra, um pedaço de ferro tem movimento natural para baixo em linha reta. Já a fumaça tem movimento natural retilíneo para cima, a não ser que seja soprada pelo vento.

Segundo a Física de Aristóteles, aqueles corpos que tivessem um movimento diferente, teriam um movimento "violento", contrário à natureza do corpo. Mas como explicar a continuidade do movimento depois de cessado o contato projétil-projetor, como no caso de uma flecha lançada ao ar ou então, uma pedra atirada por uma pessoa?

O movimento se efetivaria porque alguma força estaria agindo de modo a conservar e produzir o movimento "violento" do corpo.

Aristóteles explicava o fato da continuidade do movimento após a perda do contato com o projetor dizendo que quando o projétil se movimentava, passava a ocupar o lugar antes preenchido pelo ar que existia à sua frente.

Este mesmo ar, por sua vez, fluía em torno da pedra ou da flecha para ocupar o “espaço vazio” deixado por elas. Dessa maneira o ar impele o objeto para frente. Esse processo é denominado de antiperistasis (PEDUZZI, 1996).

Quanto ao movimento dos corpos celestes, Aristóteles afirmava que estes não possuíam os mesmos "quatro elementos" dos corpos terrestres. Eles seriam formados por um "quinto elemento" chamado "éter". O movimento de um corpo composto de éter é naturalmente circular, como o movimento natural de um corpo terrestre é em linha reta, para cima ou para baixo.

Os corpos celestes, constituídos de éter seriam imutáveis, ou incorruptíveis, visto que nos céus, nada muda nunca: as mesmas estrelas, os mesmos planetas, o mesmo Sol, a mesma Lua,... Por outro lado, os corpos terrestres seriam corruptíveis, devido a constante mudança. O único objeto celeste no qual poderia ser encontrado algum elemento imperfeito ou corruptível seria a Lua, visto que esta é a fronteira entre a região terrestre de constante mudança e a região celeste incorruptível.

Esse mundo aristotélico era o mundo do senso comum, da observação dos sentidos. Aristóteles não buscava na experiência, na evidência experimental a comprovação de seu raciocínio lógico. Mesmo assim, seus conceitos e teorias sobre o movimento perduraram até o século XVII quando da ruptura e surgimento de um novo paradigma da Física, baseado principalmente nas experimentações concretas ou idealizadas mentalmente concebido por Galileu Galilei.

2.3.2. Movimento segundo a concepção de Galileu



Figura 6 - Galileu Galilei

Galileu Galilei nasceu em Pisa, a 15 de fevereiro de 1564, filho de Vincenzo Galilei e Julia Ammanati di Pescia.

O pai, membro empobrecido da pequena nobreza, era músico e mercador, homem de cultura respeitada e um espírito contestador das idéias vigentes. Entretanto, Vincenzo desejava uma sólida posição social para seu filho, e por isso induziu-o à carreira médica.

Assim, após completar seus primeiros estudos em Pisa e na escola dos jesuítas do mosteiro de Vallombrosa, perto de Florença, com apenas dezessete anos, Galileu ingressava na Universidade de Pisa como estudante de Medicina.

Entretanto, já no segundo ano do curso - que jamais concluiu, por falta de interesse pela matéria - ele descobriu a Física e a Matemática, realizando sua primeira observação importante: a oscilação de um pêndulo apresenta uma frequência constante, independentemente de sua amplitude (quando esta é muito pequena). Na mesma época, inventou o pulsilogium, espécie de relógio utilizada para medir a pulsação.

O encontro de sua verdadeira vocação científica levou-o a abandonar a universidade, apesar do descontentamento do pai. Voltando para Florença, em 1585, dedicou-se por conta própria aos novos estudos, mantendo um contato permanente com os intelectuais da cidade que freqüentavam a casa paterna, o que enriqueceu bastante sua formação filosófica e literária.

Prosseguindo suas experiências, notadamente no campo da mecânica aplicada, Galileu inventou uma balança hidrostática, sobre a qual escreveu um tratado, que terminou por atrair a atenção do grão-duque da Toscana, Fernando de Medici. Isto valeu-lhe, em 1589, a nomeação para lente de Matemática da Universidade de Pisa. Três anos mais tarde, o cientista transferiu-se para Pádua, onde, ainda sob a proteção de Fernando de Medici, assumiu a Cátedra de Matemática.

Nesta cidade, Galileu viveu dezoito anos, e aí realizou a parte mais importante de sua obra: a formulação das leis do movimento dos corpos em queda livre e dos projéteis e a defesa do sistema heliocêntrico do Universo. Em ambos os casos, ele investiu contra as doutrinas oficiais da época - que se baseavam nas concepções do filósofo grego Aristóteles -, atraindo, com isso, a ira dos doutores da Igreja.

Em Florença, rodeado de amigos e discípulos, Galileu morreria a 8 de janeiro de 1642. Seus companheiros quiseram erguer um monumento em sua homenagem, mas o Papa Urbano VIII vetou a proposição, alegando que ela seria um mau exemplo para os fiéis, visto que o morto "dera origem ao maior escândalo de toda a cristandade".

Em oposição às idéias aristotélicas da necessidade de uma força motora para manter o movimento, Galileu Galilei, através de várias experiências concretas e mentalmente idealizadas, chegou a conclusões diferentes das de Aristóteles provando que um movimento pode existir sem a ação de uma força motora, no MRU. Em suas experiências Galileu imaginou uma bola rolando com atrito desprezível. Se rolar para baixo ao longo de um plano inclinado, ela acelerará. Se rolar subindo um plano inclinado, ela desacelerará. Agora a bola rolando sobre um plano horizontal, e desprezando o atrito, a bola movimentar-se-á numa velocidade constante. (EISBERG, 1982).

No século XVII, Galileu, em sua obra "Duas Novas Ciências", escreveu que "qualquer velocidade, uma vez imprimida a um corpo em movimento, será rigidamente mantida enquanto estiverem removidas as causas externas de aceleração ou retardamento, condição essa que só é encontrada nos planos horizontais; segue-se daí que o movimento em um plano horizontal é perpétuo" (GALILEI, 1998). Galileu concluiu que, sendo possível eliminar completamente o atrito, o corpo se movimentaria indefinidamente sem a ação de uma força, em MRU. Exemplos de tal fato são viagens espaciais, hovercraft⁶ e numa situação quase ideal, a patinação no gelo.

Inércia Galileana

Aristóteles dizia que para manter ou colocar um corpo em movimento era necessário a ação de uma força motora. Tal assertiva concorda com a nossa intuição e o senso comum do que vivenciamos na nossa realidade. Por exemplo: um objeto sendo empurrado no solo. Se deixarmos de empurrá-lo, ele tende a parar.

⁶ Veículo que se eleva e se movimenta sobre um colchão de ar. (PARANÁ, 2000, p. 65)

No entanto, uma pedra ou uma flecha sendo lançadas continuam em movimento mesmo depois de terem saído da mão ou do arco que as arremessou.

Aristóteles explicava tal fato, afirmando que o ar empurrado lateralmente pela flecha ou pela pedra se deslocava para trás dos mesmos e produzia a força que os impulsionava. Dessa maneira, segundo Aristóteles, se a força que agia sobre um corpo era nula, o corpo permaneceria sempre em repouso.

Galileu Galilei, na sua obra “Diálogos sobre os dois Principais Sistemas do Mundo” contradisse a teoria aristotélica acerca do movimento, quando no diálogo entre Salviatti⁷ (SALV) e Simplicio⁸ (SIMP), observou o seguinte:

“SALV.: ... Diga-me agora. Suponhamos que se tenha uma superfície plana lisa como um espelho e feita de um material bem duro como o aço. Ela não está horizontal, mas inclinada, e sobre ela foi colocada uma bola perfeitamente esférica, de algum material duro e pesado, como o bronze. A seu ver, o que acontecerá quando a soltarmos?...

... SIMP.: ... Não acredito que permaneceria em repouso; pelo contrário, estou certo de que rolaria espontaneamente para baixo...

... SALV.: ... E por quanto tempo a bola continuaria a rolar, e quão rapidamente? Lembre-se de que eu falei de uma bola perfeitamente redonda e de uma superfície altamente polida, a fim de remover todos os impedimentos externos e acidentais. Analogamente, não leve em consideração qualquer impedimento do ar causado por sua resistência à penetração, nem qualquer outro obstáculo acidental, se houver.

SIMP.: Compreendo perfeitamente, e em resposta a sua pergunta digo que a bola continuaria a mover-se indefinidamente, enquanto permanecesse sobre a superfície inclinada, e com movimento continuamente acelerado...

⁷ Salviatti (SALV): uma pessoa despreziosa, apresentadora das “novas” idéias de Galileu. Simplicio (SIMP), seguidor das idéias aristotélicas. Sagredo: um cidadão imparcial, sedento de saber (FIGUEREDO, 1998).

SALV.: Mas se quiséssemos que a bola se movesse para cima sobre a mesma superfície, acha que ela subiria?

SIMP.: Não espontaneamente; mas ela o faria se fosse puxada ou lançada para cima.

SALV.: E se fosse lançada com um certo movimento inicial, qual seria seu movimento, e de que amplitude?

SIMP.: O movimento seria constantemente freado e retardado, sendo contrário à tendência natural, e duraria mais ou menos tempo conforme o impulso e a inclinação do plano fossem maiores ou menores.

SALV.: Muito bem; até aqui você me explicou o movimento sobre dois planos diferentes. Num plano inclinado para baixo, o corpo móvel desce espontaneamente e continua acelerando, e é preciso empregar uma força para mantê-lo em repouso. Num plano inclinado para cima, é preciso uma força para lançar o corpo ou mesmo para mantê-lo parado, e o movimento impresso ao corpo diminui continuamente até cessar de todo. Você diz ainda que, nos dois casos, surgem diferenças conforme a inclinação do plano seja maior ou menor, de forma que um declive mais acentuado implica maior velocidade, ao passo que num aclave, um corpo lançado com uma dada força se move tanto mais longe quanto menor o aclave.

Diga-me agora o que aconteceria ao mesmo corpo móvel colocado sobre uma superfície sem nenhum aclave nem declive.

SIMP.: Aqui preciso pensar um instante sobre a resposta. Não havendo declive, não pode haver tendência natural ao movimento; e, não havendo aclave, não pode haver resistência ao movimento. Parece-me, portanto que o corpo deveria naturalmente permanecer em repouso. Mas eu me esqueci; faz pouco tempo que Sagredo⁸ me deu a entender que isto é o que aconteceria.

SALV.: Acredito que aconteceria se colocássemos a bola firmemente num lugar. Mas que sucederia se lhe déssemos um impulso em alguma direção?

SIMP.: Ela teria que se mover nessa direção.

SALV.: Mas com que tipo de movimento? Seria continuamente acelerado, como declive, ou continuamente retardado, como no aclave?

SIMP.: Não posso ver nenhuma causa de aceleração nem desaceleração, uma vez que não há aclave nem declive.

SALV.: Exatamente. Mas se não há razão para que o movimento da bola se retarde, ainda menos há razão para que ele pare; por conseguinte, por quanto tempo você acha que a bola continuaria se movendo?

SIMP.: Tão longe quanto a superfície se estendesse sem subir nem descer.

SALV.: Então, se este espaço fosse ilimitado, o movimento sobre ele seria também ilimitado? Ou seja, perpétuo?

SIMP.: Parece-me que sim, desde que o corpo móvel fosse feito de material durável.”.

Galileu, conforme se denotou no diálogo acima, no seu estudo do movimento de objetos que desciam e subiam no plano inclinado, procurava determinar a causa de sua aceleração. Surgiu, aí, uma indagação: como seria o movimento em superfícies planas horizontais?

Como não havia declive e aclave, não existiria aceleração e a velocidade deveria ser constante. Mas na prática não era isso que acontecia, pois a velocidade dos objetos diminuía pouco a pouco até a parada total dos mesmos. Galileu, então percebeu que era o atrito que parava os objetos. Se reduzisse o mesmo, os objetos poderiam se movimentar por mais tempo. E mais, se fosse possível eliminá-lo completamente, os objetos poderiam se manter em MRU indefinidamente, conforme nos mostram as figuras 7, 8 e 9.

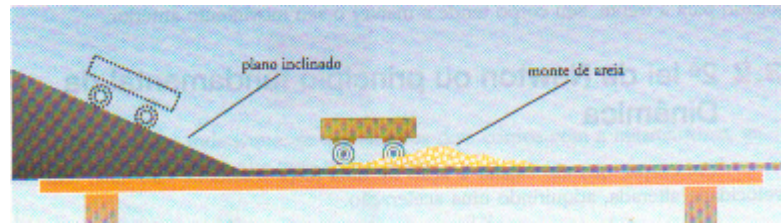


Figura 7 – carrinho no plano inclinado rolando e parando no monte de areia que funciona como uma força de atrito (GOWDAK, 1996, p.151).

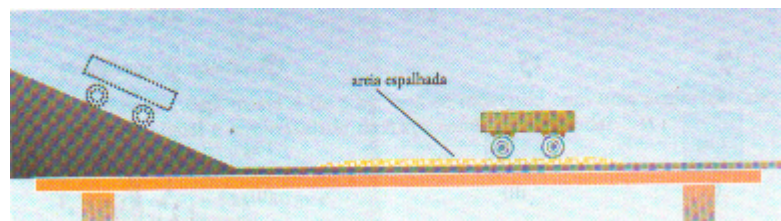


Figura 8 – carrinho no plano inclinado, com a areia espalhada oferecendo menos resistência e percorrendo uma distância maior (GOWDAK, 1996, p.151).

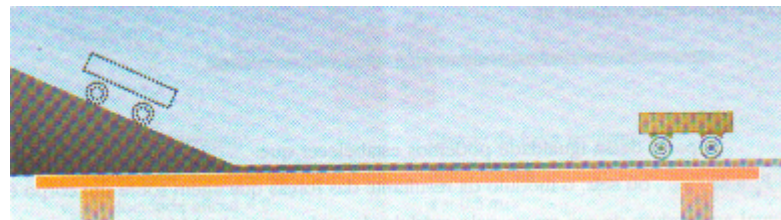


Figura 9 – carrinho no plano inclinado, sem a areia e, supondo sem atrito nenhum, ele irá se movimentar indefinidamente (GOWDAK, 1996, p. 151).

Essa situação da inexistência de atrito só ocorre quando mentalmente idealizada ou em condições laboratoriais de alta complexidade. Mas foi a partir dessa idealização que nos proporcionou a inércia galileana que diz que “a tendência natural de um corpo em repouso é permanecer em repouso”. Mas, se o corpo estiver em movimento, sua tendência é permanecer em movimento, sempre na mesma direção e com a mesma velocidade. Se o movimento de um corpo sofre alguma modificação, é porque ocorreram interações com outros corpos.

Essa conclusão, em suma, é a Inércia de Galileu, que mais tarde, após a sua morte, Isaac Newton (1642 – 1727), a matematizou e a formulou em sua obra “Princípios Matemáticos de Filosofia Natural” como a Lei da Inércia, muito conhecida também como a “1ª Lei de Newton”.

2.3. MRU e Conceitos Físicos Básicos

Observando as figuras abaixo de uma pessoa sentada olhando o “nascer” e o “evoluir” do Sol ocorre-me uma indagação: quem está se movendo? Será o Sol ou a Terra representada na figura da pessoa?

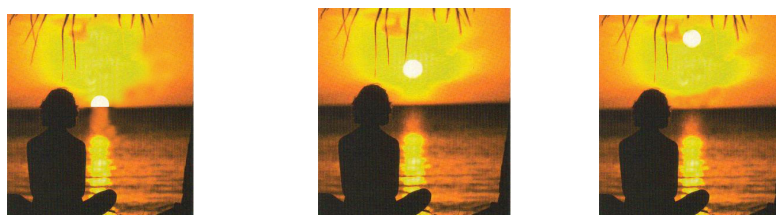


Figura 10 - Uma pessoa sentada na praia, observando o nascer do Sol.

Há mais de 2000 anos essa indagação ainda causava dúvida na resposta. Àquela época a resposta seria a de que o Sol gira em torno da Terra, segundo a visão aristotélica do Universo.

Era uma resposta fundamentada na intuição, no senso comum, na observação através dos sentidos. Não se vê e nem se sente a Terra girar. A evidência nos diz que o Sol “nasce, cresce e se põe na linha do horizonte.” Decorridos mais de dois mil anos e, somente nos meados do século XVI, o ser humano admitiu que a Terra era que se movimentava em torno do Sol (FIGUEIREDO, 1998).

Sempre que falamos em movimentos de um corpo o fazemos maneira aleatória ou arbitrária. Por exemplo, para responder a uma pergunta do tipo “aquele carro está se movimentando?”. Normalmente, responde-se “é claro que o carro está se movimentando, a gente o vê andar, ganhar distância”. Mas não é isso o que acontece.

A uma indagação desse tipo, devemos perguntar: “em relação a quê, qual referência está sendo tomada?”. Exemplificando, vamos supor que uma pessoa A esteja sentada dentro de um ônibus parado. Outra pessoa B encontra-se na mesma situação num outro ônibus estacionado lado a lado.

De repente, o ônibus da pessoa A começa a se movimentar. E aí, a pessoa B começa a se questionar: “é o meu ônibus ou o outro que está se movimentando?”. Naturalmente, a gente logo procura um ponto de referência; algo que esteja parado com certeza. Muitas vezes quando estamos dirigindo, chegamos até a pisar nos freios no momento que tal fato acontece. Pode dizer que a ilusão do movimento é tanta que a gente duvida que esteja em repouso, parada. Daí denota-se a importância da escolha de uma referência para saber se o corpo encontra-se em movimento ou em repouso.

Em Física, referencial é um corpo ou ponto no espaço ao qual identificamos se um móvel está em movimento ou em repouso. Dessa maneira podemos dizer que:

1º) Um móvel está em repouso em relação a um certo referencial, quando sua posição, nesse referencial, não varia no decurso do tempo.

2º) Um móvel está em movimento em relação a um certo referencial, quando sua posição, nesse referencial, varia no decurso do tempo.

Essas considerações nos levam a concluir que as noções de repouso e movimento são relativas, isto é, movimento e repouso são sempre noções relativas a um outro corpo, ou seja, dependem especificamente do referencial adotado (RAMALHO JUNIOR, 1999).

Um exemplo interessante sobre referencial é ilustrado no experimento abaixo que se compõe de um trilho, de um túnel e de uma locomotiva.

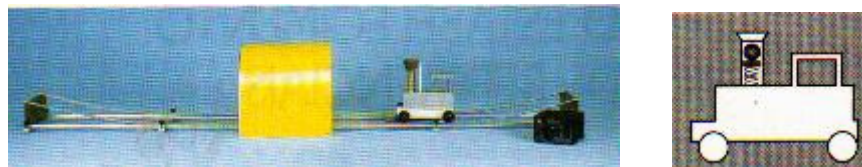


Figura 11 – Locomotiva e seu sistema de trava com uma bola de aço sobre uma mola que se encontra dentro da chaminé (FIGUEREDO, 1998, p. 16).

A locomotiva tem um sistema de trava com mola acionado eletricamente. Essa mola encontra-se dentro da chaminé da locomotiva. Sobre a mola travada é colocada uma esfera de aço.

Uma vez travada a mola, a locomotiva é levada para o trecho mais alto do trilho e ali abandonada. Então ela desliza em direção à entrada do túnel. A trava é desligada eletricamente antes de atingi-la e a esfera de aço, atirada para o alto. A esfera sobe uma determinada altura de tal maneira que passe por cima do túnel e a locomotiva, por baixo. E o que acontece quando a locomotiva sai do túnel? A esfera cai novamente dentro da chaminé. Se alguém observar o lançamento, verá, claramente, a esfera descrever uma parábola sobre o túnel.

A segunda observação com esse experimento consiste em retirar o túnel do trilho e colocar uma tira de plástico bem atrás da chaminé.



Figura 12 – Experimento sem o túnel e com tira de plástico bem atrás da chaminé (FIGUEREDO, 1998, p. 16).

Repete-se todo o procedimento. A mola é travada, largando a locomotiva na rampa. Ao passar pelo acionador elétrico, a esfera é mais uma vez atirada para o alto. Só que agora não tem túnel. Toda a referência que nos interessa é a tira de plástico, pois a dúvida é se a esfera vai chocar-se ou não com ela, visto que a trajetória descrita pela esfera na primeira experiência nos leva a crer que a tira de plástico atrapalhará a entrada nessa chaminé.

E o que acontece: a esfera não toca na tira de plástico e cai, como antes, dentro da chaminé. No entanto, a trajetória da esfera agora nos parece claramente uma reta vertical.

É natural que isso ocorra, pois o ponto de referência na segunda parte da experiência também está caminhando com a locomotiva. Portanto, não é possível observar o deslocamento horizontal da esfera em relação à tira de plástico. Isso serve para ressaltar que a escolha do ponto de referência torna diferente o tipo de movimento que observamos. (FIGUEREDO, 1998).

A escolha do ponto de referência vai ter implicação com a trajetória de um corpo. Mas o que é trajetória?

Podemos dizer que trajetória é a linha determinada pelas diversas posições que um corpo ocupa num determinado intervalo de tempo em relação a um dado referencial (BONJORNO, 1997).

A forma da trajetória pode ser retilínea ou curvilínea, conforme o referencial adotado. Observemos um trem que se desloca em movimento retilíneo uniforme em relação ao solo. A trajetória de um objeto que se desprende do teto do trem é uma reta vertical em relação a um referencial fixo no trem (T), o passageiro, por exemplo. Em relação a um referencial (S), no solo e sendo desprezível o atrito, o objeto descreve uma trajetória curvilínea chamada de arco de parábola.

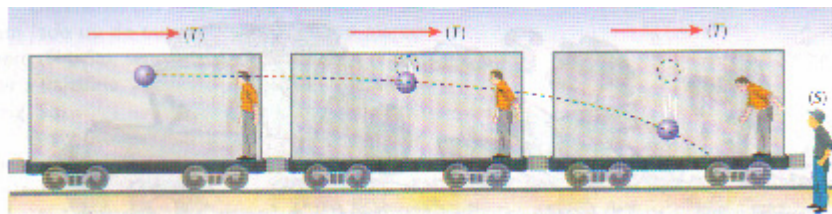


Figura 13 – Trem em MRU e uma pessoa situada externamente (S) e no seu interior (T), na observação da queda de um objeto (JUNIOR, 2000, p. 16).

Outro conceito interessante é o de Ponto Material ou Partícula. Define-se ponto material ou partícula como sendo um corpo cujas dimensões podem ser desprezíveis quando comparadas com as distâncias envolvidas no fenômeno estudado (CHIQUETTO, 1996).

Por exemplo: Um automóvel é considerado um ponto material numa viagem Recife – São Paulo, se comparado com o comprimento da estrada.

No entanto, este mesmo automóvel ao fazer uma manobra para entrar numa garagem deixa de ser um ponto material e passa ser um corpo extenso.

Outros exemplos:

1) A Terra em movimento de translação em redor do Sol é um ponto material, pois o seu tamanho é desprezível quando comparado com a distância de sua órbita.

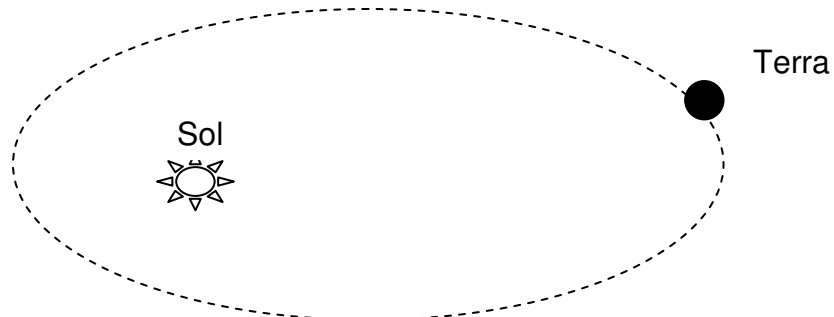


Figura 14 - A Terra como ponto material no seu movimento de translação em redor do Sol.

2) Nesse outro exemplo, a mesma Terra, em seu movimento de rotação, deixa de ser um ponto material e passa a ser considerada um corpo extenso.

Agora as suas dimensões não são mais desprezíveis, quando comparadas com os deslocamentos envolvidos.

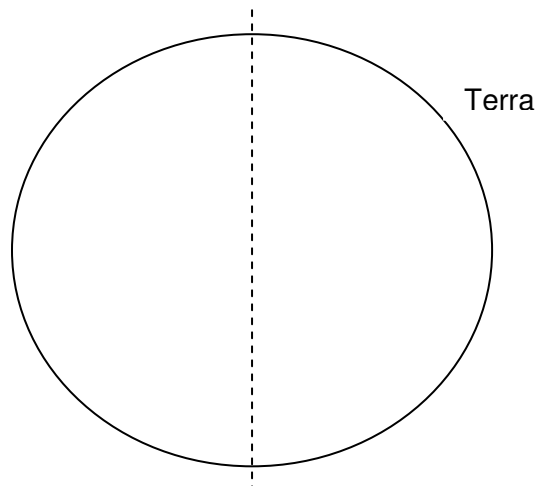


Figura 15 - A Terra no seu movimento de rotação, considerada um corpo extenso.

Outros conceitos importantes relacionados ao referencial são a posição, o deslocamento e a distância percorrida. Para estudo desses conceitos é necessário que se estabeleça um ponto de referência inicial para que se tenha com precisão a posição, o deslocamento e o espaço percorrido.

Numa trajetória adotamos arbitrariamente um ponto qualquer 0 que chamamos de origem das posições e orientamos a trajetória, atribuindo, por exemplo, o sentido positivo para a direita dessa origem. Para conhecer a posição de um corpo num determinado instante de tempo, basta apenas saber sua distância em relação ao ponto 0.

Ela será positiva se estiver à direita de 0 e negativa, se estiver à esquerda. Essa posição é, normalmente, representada pela letra s . Na trajetória abaixo, as posições de A e B são:

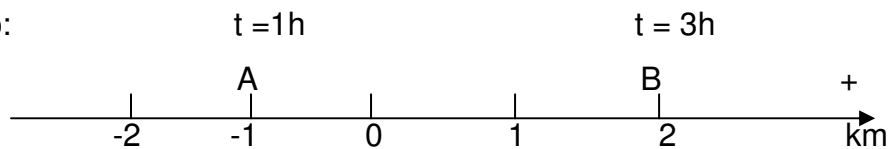


Figura 16 - Representação de uma trajetória e posições A e B.

- Posição de A no instante $t = 1h$ é $s = - 1 \text{ km}$
- Posição de A no instante $t = 3h$ é $s = 2 \text{ km}$

Essa noção de posição nos será importante quando abordarmos os conceitos de deslocamento e espaço percorrido ou distância percorrida, abaixo transcritos. Suponhamos um corpo se movimentando numa trajetória circular com 3m de raio, segundo a figura 17. Consideremos que o corpo tenha iniciado do ponto A e atingido o ponto B, se deslocando no sentido contrário aos ponteiros de um relógio. A distância percorrida ou o espaço percorrido pelo corpo será igual à metade do comprimento da circunferência.

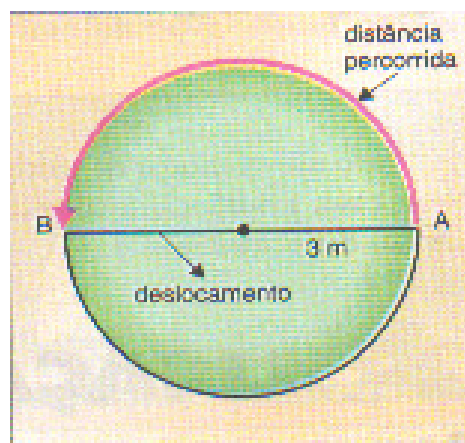


Figura 17 - Movimento de um corpo numa trajetória circular

Deslocamento é distância entre as posições final (ponto B) e inicial (ponto A). Esse deslocamento é representado pelo símbolo Δs e que pode ser matematizado como a diferença entre a posição final s_f e a posição inicial s_i .

$$\Delta s = s_f - s_i$$

Esse conceito de deslocamento nos será bastante útil quando abordarmos a velocidade. Mas o que é velocidade?

No nosso cotidiano, velocidade é a rapidez ou a lentidão com que um objeto se movimenta. Na Física, podemos dizer que velocidade é a mudança de posição de um corpo em relação a um ponto de referência.

Mas nem sempre a velocidade é a mesma em toda a distância percorrida. Para medi-la, utilizamos-nos da velocidade escalar média. Vamos exemplificar para um melhor entendimento desse conceito.

Consideremos um automóvel se deslocando num trecho de uma estrada entre duas localidades.

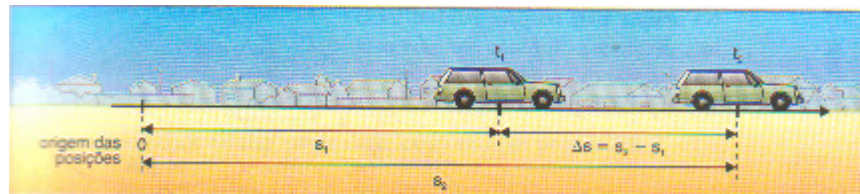


Figura 18 – Automóvel se deslocando num trecho de uma estrada entre duas localidades.

Nesse deslocamento o automóvel não mantém a mesma velocidade; ora se movimenta mais rápido, ora mais lento. Sua velocidade varia no decorrer do tempo. Dessa maneira, a velocidade escalar média vai representar a variação das posições final e inicial num determinado intervalo de tempo. Por exemplo, o automóvel para percorrer a variação de espaço $\Delta s = s_2 - s_1$ leva o tempo de $\Delta t = t_2 - t_1$.

A velocidade média (V_m), então, desenvolvida pelo automóvel entre as duas cidades será expressa pela relação:

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

E quanto à aceleração?

Suponhamos uma pessoa dirigindo um carro que vai ultrapassar um outro veículo. O que o motorista faz? Ele aumenta sua velocidade “pisando” no pedal do acelerador até a ultrapassagem do outro veículo, logo após, diminui a mesma tirando o pé do acelerador.

Esse aumento ou diminuição da velocidade num determinado período de tempo é o que chamamos de aceleração. Ela está relacionada à variação de velocidade.

A aceleração média (a_m) mede a rapidez da variação de velocidade de um móvel num determinado intervalo de tempo e pode ser representada matematicamente por:

$$\mathbf{a_m} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Outro conceito importante para nossa pesquisa é *Força*.

Intuitivamente temos a idéia do que é força quando empurramos ou puxamos um objeto, na força que a raquete bate na bola de tênis para desviá-la, ou ao esticar um elástico e etc. Resumindo, exercemos força em todas as situações que temos de levantar, puxar, empurrar, esticar, abaixar, comprimir ou colocar um corpo em movimento.

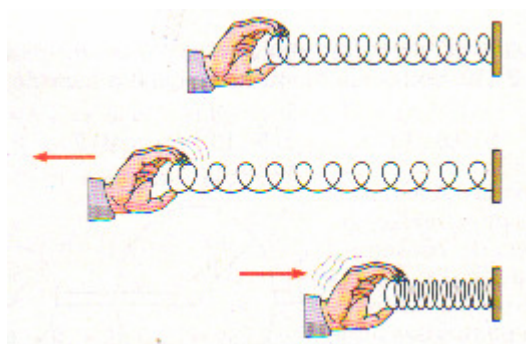


Figura 19 – Ato de puxar, empurrar e esticar uma mola.

Nos fenômenos naturais também se observa a existência da força, como numa queda-d'água ou nos ventos.

A força também é notada quando um objeto exerce uma força, mesmo estando longe um do outro, como por exemplo, encostamos um ímã do outro, este outro pode ser atraído ou repelido pelo primeiro. Outro caso é a da força gravitacional com que a Terra atrai a Lua, fazendo que ela gire em torno do planeta terrestre. Ou seja, podemos dizer que:

Força é toda causa capaz de provocar num corpo uma variação no seu movimento ou uma deformação (BONJORNNO, 1997, p. 182).

Se a força é toda causa capaz de provocar num corpo uma variação no seu movimento ou uma deformação, então, de acordo com a inércia galileana, ao lançarmos uma bola sobre uma superfície horizontal, ela deveria permanecer em MRU.

Entretanto, isso não acontece, porque uma outra força se opõe ao movimento da bola. Essa força é denominada de *força de atrito*.

É a força que surge, quando do movimento de um corpo sobre a superfície de outro, orientando-se num sentido contrário ao movimento. É provocada pela aspereza, rugosidades e irregularidades existentes nas superfícies em contato.

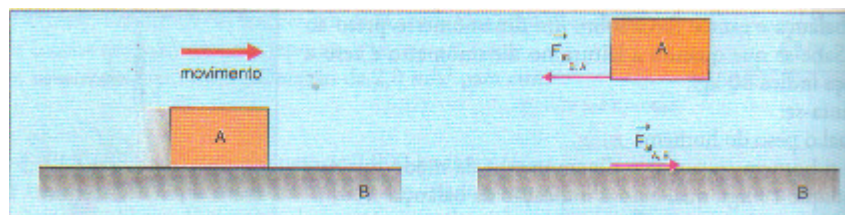


Figura 20 – Movimento de um corpo sobre a superfície de outro, orientado num sentido oposto ao movimento do outro.

Em muitos casos, a força de atrito atrapalha os movimentos, mas em outros, ela auxilia. Nós só caminhamos devido ao atrito com o chão.

Quando nós andamos, empurramos o chão para trás; graças ao atrito, o chão reage e empurra a gente para frente (SILVA JÚNIOR, 1998), conforme nos mostra a figura 19, abaixo.



Figura 21 – Mostra do atrito do chão sobre a pessoa e da pessoa sobre o chão

Do exposto acima, podemos dizer que o “atrito é a resistência que os corpos em contato oferecem ao movimento”.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente trabalho científico foi fundamentado na Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly (1955). A abordagem metodológica utilizada foi a qualitativa visto que, segundo Oliveira (2003), a abordagem qualitativa facilita a descrição da complexidade de problemas e hipóteses, a análise da interação das variáveis envolvidas, a compreensão e classificação de determinados processos sociais; além disso, contribui no processo de mudanças, bem como cria ou forma opiniões de determinados grupos e interpreta particularidades de comportamentos ou atitudes individuais. Ela, ainda, permite a descrição em detalhes dos eventos e acontecimentos observados.

A pesquisa foi realizada com alunos da 1ª série do ensino médio do período noturno da Escola Estadual Carlos de Lima Cavalcanti, localizada no bairro de Casa Amarela em Recife, Pernambuco. A escolha da Escola deveu-se à sua boa localização, possibilidade de fácil acesso e interesse demonstrado pela Direção Escolar em participar do projeto de pesquisa.

Além disso, conforme experiência própria e nas conversações com os professores e a direção escolar, ficou evidente, por parte do corpo discente, a insuficiência de conhecimentos referente ao tema da pesquisa. Assim sendo, o perfil dos alunos foi condizente com os objetivos da pesquisa e a escola ofereceu condições favoráveis para o desenvolvimento da mesma.

A turma tinha aproximadamente 30 alunos. Ao fim da pesquisa, apenas 18 alunos participaram do processo metodológico. Essa redução é consequência, segundo a gestão escolar, do recebimento das carteiras estudantis quando após tal fato, os alunos abandonam o curso. Eles foram divididos em dois grupos. Um grupo foi formado por alunos que têm conhecimento do movimento sob a ação de uma força, de visão aristotélica. O outro foi constituído pelos estudantes que

apresentaram algum conhecimento ou tendência para o movimento sem a ação de uma força, de acordo com visão de Galileu.

Esses alunos foram selecionados mediante aplicação do pré-teste. O instrumento de coleta de dados escolhido, tanto para o pré como para o pós-teste, foi o questionário⁸, por ser o mais adequado para a pesquisa em virtude da sua forma simples, rápida e direta na seleção de dados. Ele foi constituído de seis questões tipo múltipla escolha nas quais os alunos expuseram suas concepções. Em todas elas, os estudantes justificavam suas respostas por escrito. As questões abordaram situações contextualizadas do cotidiano dos alunos que envolviam movimento. Além disso, o questionário nos permitiu levantar as concepções dos alunos e determinar se eles se enquadraram no pensamento aristotélico ou galilaico.

Também foi feito um levantamento do perfil dos alunos⁹, através de um questionário que abordou dados pessoais, situação sócio-econômica e educacional, particularmente, se é repetente ou não. Estes dados foram importantes porque nos permitiram verificar o contexto ambiental, os aspectos sócio-econômicos e culturais dos alunos visto que esses fatores iriam repercutir na realidade e no universo dos aprendizes.

Foi realizado um estudo-piloto¹⁰ com uma turma diferente, mas semelhante no contexto ensino público, da prevista para a amostra, com as finalidades de se testar o instrumento de coleta de dados, de se ter uma idéia inicial do nível de sapiência do objeto da pesquisa e para servir como parâmetro e orientação no planejamento das atividades a serem desenvolvidas na intervenção didática. Ressalve-se, que as reais atividades da intervenção didática foram aquelas selecionadas após a aplicação e análise do pré-teste na turma-alvo do projeto.

⁸ Anexo 2: Questionário do pré e do pós-teste.

⁹ Anexo 3: Levantamento do perfil sócio-econômico dos alunos.

¹⁰ Anexo 4: Estudo-piloto.

A análise das respostas do estudo-piloto aplicado aos alunos através de um questionário que envolvia perguntas contextualizadas referentes à proposta para mudança de concepção nos permitiu fazer algumas considerações. Que, inicialmente, a concepção predominante é a aristotélica, conforme se depreende das respostas. Exemplificando, na 6ª questão, a pergunta era: um caderno encontra-se sobre uma mesa plana e horizontal e com a ponta do dedo indicador empurramos o caderno, soltando-o depois de certa distância. O que acontece com o caderno? Justifique a resposta.

Como exemplos de respostas tivemos “o caderno pára; porque estamos com a força do dedo, então quando tirarem o dedo o caderno pára”, “por que em tudo que a pessoa pára de empurrar, o caderno pára de correr”. Essas respostas foram categorizadas no pensamento aristotélico. Outra pergunta dizia: Você põe um livro em movimento empurrando-o sobre uma mesa plana e nivelada. O livro percorre certa distância e pára. Aí se faz um polimento acurado e empurra-o novamente com a mesma força. O livro percorre uma distância maior e pára. São feitas várias tentativas e mais polimentos, e as distâncias vão aumentando cada vez mais. Suponhamos o tampo da mesa perfeitamente liso, sem atrito e de tamanho infinito. Dentro deste contexto, empurramos o livro. O que acontecerá com o mesmo? Como algumas respostas, obtivemos que: “o livro irá parar por falta de velocidade”, categorizada também no pensamento aristotélico. Outra diz: o livro irá se movimentar infinitamente porque a mesa está lisa “, resposta categorizada como de pensamento galilaico”.

Um outro aspecto a ser observado é que a maioria dos alunos apresenta uma dificuldade em reconhecer a existência do atrito bem como em relacioná-lo ao movimento.

Finalmente, além de permitir a observação destes aspectos, a análise do estudo-piloto nos propiciou escrever um artigo¹¹ dentro do estabelecido no cronograma do

¹¹ Anexo 11: Artigo remetido ao SNEF

presente projeto. Esse artigo foi remetido para o XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), realizado no Rio de Janeiro no período de 24 a 28 de janeiro de 2005 e apresentado na forma de pôster.

Afora a redação do artigo, a análise das respostas também serviu de base para planejar as possíveis atividades, tais como, experimento com o disco (VALADARES, 2000) e com o plano inclinado, durante a intervenção didática.

O pré-teste com seis questões, mesmo número de questões do pós-teste, foi aplicado na turma-alvo do projeto. Ele serviu também para embasar as atividades segundo o ciclo da experiência kellyana. Feito isso, foi corrigido e analisado.

Essa análise nos permitiu identificar em que categorias os alunos estavam posicionados, determinando, assim, se os estudantes possuíam uma concepção aristotélica ou galilaica do movimento, detectar os pontos em que eles apresentavam maiores dificuldades e fornecer subsídios para planejamento das atividades baseadas no CEK, que permitiram promover a mudança desejada e que constituíram uma experiência para os alunos, considerada por Kelly como a própria aprendizagem.

Dessa maneira, tivemos dois conjuntos de alunos, um denominado de Aristóteles, que pensava segundo as concepções aristotélicas e outro Galileu, de concepções galileanas. Ambos estiveram envolvidos na pesquisa e participaram da intervenção didática.

A intervenção didática foi baseada no ciclo da experiência da Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly. Esse ciclo é composto de 05 (cinco) momentos discriminados na figura 4 da página 20, para os quais foram desenvolvidas atividades. Além disso, esses momentos foram registrados através

de um questionário¹² específico para cada um deles, que foram analisados por ocasião da discussão dos resultados.

Os momentos do CEK se processaram conforme as atividades de cada um abaixo nominadas.

(1) Antecipação

É o momento de pensar e da arrumação dos conhecimentos que o aluno possui em sua estrutura cognitiva. Para ajudá-lo nessa antecipação, foram desenvolvidas atividades pertinentes a esse momento, tais como: convite de apresentação do Trabalho e pedido de participação dos alunos na Pesquisa.

Também, foi feita uma revisão, através de aula expositiva¹³ que abordou conceitos básicos de cinemática, tais como: ponto material, referencial, repouso, movimento, trajetória, espaço, deslocamento escalar, velocidade, tipos de movimento, movimento retilíneo uniforme, força e atrito. Essa aula teve a duração de 40 minutos. O objetivo da mesma foi rever, junto com os alunos, conhecimentos, ministrados em séries anteriores e que estavam um pouco esquecidos, como observado no estudo-piloto.

Após as atividades pedagógicas e as reflexões cognitivas dos alunos pressupomos que os mesmos já tinham uma idéia do que sabiam e do que não sabiam sobre o tema. Aquilo que eles não sabiam ou que faltavam, foram buscar informações e desenvolver atividades para se apropriar desses conhecimentos. Essa busca, essa procura foi o momento seguinte do ciclo, o momento do Investimento.

(2) Investimento

É o momento da busca de informações que faltam para que o estudante possa se fundamentar e embasar-se para o evento em si. É quando o aluno procura

¹² Anexo nº 10: Questionário dos momentos do CEK

¹³ Anexo nº 05: Plano de aula do momento da Antecipação.

antecipar o acontecimento e para tal, faz uso de seus construtos ou sistema de construção. Para tal foram sugeridas atividades de pesquisas na biblioteca escolar, na Internet, na sua comunidade, no trabalho e em seu lar. Além de conversas com os colegas e com os professores da sua Escola ou de fora dela. O pesquisador não participou diretamente dessas atividades.

As atividades desenvolvidas no investimento, provavelmente proporcionaram ao aluno condições cognitivas, conceituais e lingüísticas que o fundamentaram e o prepararam para o momento do Encontro com o Acontecimento. Afinal, esperávamos que esse investimento não se centralizasse apenas no aspecto conceitual da Física, mas também no contexto lingüístico.

(3) Encontro com o Acontecimento

Esse momento é o acontecimento, o evento em si para o qual o aluno foi convidado, ou seja, é a aula propriamente dita.

A nossa aula constou de uma aula prática-expositiva¹⁴, cujo tema era o movimento sem a ação de uma força no MRU e teve a duração de 80 minutos.

Ela desenvolveu-se segundo uma parte teórica e uma parte prática. A parte teórica versou sobre o MRU segundo as concepções aristotélica e galileana. A parte prática constituiu-se da experimentação de um disco vinil¹⁵ em que cada aluno recebeu o seu material da experiência para sua respectiva montagem individual.

Esse recurso didático foi selecionado porque o estudo-piloto e o pré-teste indicaram que a grande maioria dos alunos tinha uma concepção aristotélica do movimento, bem como tinham dificuldade em reconhecer a existência do atrito e em relacioná-lo ao movimento. A utilização desse experimento permitiu que os

¹⁴ Anexo nº 06: Plano de aula do momento do Encontro.

¹⁵ Anexo nº 08: Experimento do disco de vinil para o momento do Encontro.

alunos observassem que se não houvesse o atrito, o movimento continuaria quase que indefinidamente.

Temos a ressaltar que esse experimento e os outros utilizados na intervenção didática foram, ainda, objetos de análise durante o pós-teste. Desse modo, os mesmos contribuíram para que o aluno refletisse sobre suas concepções, comparassem-nas e as confirmassem ou não, se fosse o caso.

(4) Confirmação ou refutação dos conhecimentos.

Nesse momento o aluno validará ou não a sua antecipação ou hipótese sobre o evento. Esse fato implica em que o aprendiz refletirá, comparará e revisará ou não as suas predições. A confirmação ou refutação das hipóteses vai ocorrendo simultaneamente junto com, ou logo após o momento do Encontro. O professor nesse momento, procurará, através de atividades pedagógicas ou questionamentos, instigar o estudante a refletir sobre suas hipóteses. Tal fato poderá ser observado quando o aprendiz começa a fazer perguntas, tais como: professor, não entendi! Pode repetir, por favor? O que é isso, professor? Professor, não é isso o que eu pensei! Por que é isso, professor? Assim, ele vai confirmando ou refutando em sua estrutura cognitiva os conhecimentos que considerar válidos ou não.

(5) Revisão construtiva do sistema de construtos

É o momento em que o aluno vai revisar os seus conhecimentos. Ele constou de uma aula¹⁶ expositiva-experimental, com duração de 80 minutos. A parte expositiva constou de assuntos relativos ao tema da pesquisa. A parte experimental tratou-se do experimento do plano inclinado¹⁷ em que se buscou mostrar aos alunos a experiência galilaica sobre a existência do MRU num plano

¹⁶ Anexo n° 07: Plano de aula do momento da Revisão Construtiva.

¹⁷ Anexo 09: Experimento do plano inclinado

horizontal na qual se observa que se não houvesse atrito, o corpo movimentar-se-ia infinitamente.

Essa atividade procurou enfatizar o papel do atrito no movimento, visto que essa foi a deficiência cognitiva da maioria dos alunos, conforme observado no estudo-piloto e no pré-teste.

Tais atividades permitiram aos alunos responderem às perguntas: Será que é isso mesmo? Realmente, é ou não é o conceito certo? Além disso, elas procuraram levar os alunos a refletirem, a compararem suas idéias e a reverem suas concepções a respeito do tema e dos seus conceitos.

Ao final da aula, foi solicitado aos alunos que respondessem a um questionário com perguntas referentes ao tema da pesquisa para uma posterior análise. Essa atividade encerrou a nossa intervenção didática.

Uma semana após a intervenção didática, aplicamos o pós-teste, seguindo o mesmo padrão do pré-teste. Ele teve dois enfoques:

1º) Avaliar se houve revisão ou não na estrutura cognitiva dos alunos.

2º) Avaliar a contribuição dos diferentes momentos do CEK para essa revisão.

De mão dos resultados obtidos no pré-teste e no pós-teste, fizemos uma comparação dessas duas etapas, para posterior discussão e análise das mesmas. A avaliação da contribuição do CEK, como um instrumento pedagógico na revisão ou não da estrutura dos alunos, foi baseada na análise de questionários específicos para cada momento do Ciclo.

Realizada a análise dos resultados, apresentamos algumas sugestões e conclusões a que chegamos.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. Introdução

A análise dos resultados do presente trabalho foi feita através de medições da turma as quais comparamos a um termômetro. Esse termômetro, ao invés de uma escala em graus, teria uma escala de valores numéricos negativos e positivos que serviriam para valorar as semelhanças e as diferenças das respostas dos alunos visto que, segundo Kelly (1963) nós só pensamos nas coisas em termos de semelhanças e diferenças.

As medições foram feitas antes e após a intervenção didática que nos possibilitou saber que porcentagem de alunos pensava segundo a concepção de Galileu e qual a porcentagem de alunos pensava segundo a concepção aristotélica. Isso nos permitiu verificar a variação em termos percentuais de alunos que revisaram suas concepções e de alunos que permaneceram com as mesmas idéias.

Em seguida, buscamos identificar e entender os fatores pedagógicos e/ou metodológicos que influenciaram a revisão ou a permanência desses alunos em suas concepções.

As medições foram iniciadas através da aplicação do pré-teste cujo resultado nos permitiu determinar a temperatura média e dividir a turma em dois conjuntos, assim denominados: Aristóteles e Galileu. O conjunto Aristóteles era constituído de alunos que pensavam segundo a concepção aristotélica e o conjunto Galileu, de alunos que pensavam segundo as concepções galileanas, diante do problema da ação da força no MRU.

A nossa expectativa quanto aos resultados era que a análise do pré-teste nos indicasse que a maioria dos alunos pensava segundo a concepção de Aristóteles (MORAES, 2000). Essa expectativa era justificável pelo fato de que o movimento sob a ação de uma força é fruto da nossa observação sensorial e de fácil

exemplificação concreta, enquanto que o movimento sem a ação da força é de difícil visualização e exemplificação, visto que este último ocorre somente em condições laboratoriais de alta complexidade ou quando mentalmente idealizadas.

E, quanto à surpresa da metade da turma com concepções próximas de Galileu? Será que a concepção aristotélica já não seria um obstáculo mais difícil de transpor ou mais ultrapassada, como argumentou o aluno XIII, no registro da Antecipação, quando fez a seguinte reflexão: “porque ainda nos ensinam a teoria aristotélica se já foi superada por Galileu”? Ou será que a concepção galileana é fruto da forte educação informal dos estudantes a que estão submetidos pelos meios de comunicação, meios esses, atualmente, de fácil acesso e aquisição, comprovados através do levantamento do perfil sócio-econômico, em que 100% dos alunos dispõem de pelo menos um aparelho de TV ou rádio ou, ainda, de acesso à Internet?

Dando prosseguimento à análise, uma semana após a intervenção didática aplicamos o pós-teste. Mais uma vez, tentamos visualizar, por meio das respostas dos alunos, os dois conjuntos: Aristóteles e Galileu.

Depois, comparamos o pós-teste com o pré-teste com a finalidade de verificar se houve revisão na estrutura cognitiva ou variação numérica desses conjuntos. Essa comparação nos permitiu identificar a variação nas concepções aristotélicas e galileanas nos grupos e classificar os alunos em segmentos que revisaram construtivamente suas concepções de Aristóteles para Galileu (Progressão-P) e que permaneceram com suas concepções originais (Fixos ou Resistentes-F).

Esperava-se o surgimento de alunos que revisassem suas concepções de galilaicas para aristotélicas que fariam parte do segmento Regressão-R. Isso não ocorreu, o que nos deixou surpresos. Tal fato, provavelmente ocorreu pela influência do CEK na intervenção didática e pelos conhecimentos que os alunos já possuíam. Conhecimentos esses advindos, possivelmente, da educação informal

proporcionada pela mídia eletrônica que, diuturnamente, veicula notícias sobre eventos científicos ligados à Física.

Além disso, imaginamos que essa dificuldade de regressão de Galileu para Aristóteles deriva do fato de que o conceito galileano é um dos princípios que compõe a estrutura conceitual do paradigma galilaico, que veio para substituir o velho paradigma aristotélico. Afinal, a regressão de Galileu para Aristóteles era até possível, mas se isso ocorresse, era um indicativo que a intervenção didática apresentou problemas, ou então quem sabe, se o conceito de Galileu não estava ainda bem apreendido na estrutura cognitiva dos alunos

A seguir, procuramos saber quantos alunos passaram de uma classificação para outra e acompanhamos essa movimentação. Nesse acompanhamento buscamos, inicialmente, identificar os fatores pedagógicos ou metodológicos que influenciaram a revisão construtiva dos alunos, através das respostas contidas no questionário.

Afora isso, as análises também levaram em conta o aspecto lingüístico da resposta, ou seja, estava-se interessado, em saber se o investimento proporcionou alguma evolução desse contexto , visto que a melhoria nesse aspecto indicaria que o investimento foi importante, pois quanto mais se lê, mais se escreve bem, mais se expressa melhor.

Depois, fizemos o estudo dos registros dos momentos do CEK para também visualizar os fatores citados acima, que de uma forma ou de outra, influenciaram as revisões cognitivas dos estudantes, enfatizando os momentos do CEK em que houve a progressão ou a permanência das concepções e avaliar a contribuição desses momentos como um novo processo metodológico na revisão do construto *necessidade de ação de uma força no MRU*.

4.2. Discussão dos Resultados

Os resultados foram oriundos das respostas dos alunos obtidas no pré-teste e no pós-teste. O instrumento de coleta de dados dos pré e pós-testes foi um questionário que tinha o mesmo número de questões, em um total de seis.

4.2.1. Classificação das respostas e descrição dos parâmetros

As respostas dos alunos no pré-teste foram enquadradas nas seguintes categorias: alunos com pensamento aristotélico (PA), alunos com tendência ao pensamento aristotélico (TPA), alunos com pensamento galilaico (PG), alunos com tendência ao pensamento galilaico (TPG) e alunos indefinidos (I).

Categorias	Descrição dos parâmetros
Pensamento aristotélico (PA)	Respostas que indicam a compreensão clara e explicitamente da existência do movimento somente sob a ação de uma força.
Tendência ao pensamento aristotélico (TPA)	Respostas que indicam a compreensão da existência de movimento sob a ação de uma força.
Pensamento galilaico (PG)	Respostas que indicam a compreensão clara e explicitamente a possibilidade de existência de movimento sem ação de uma força.
Tendência ao pensamento galilaico (TPG)	Respostas que indicam a compreensão da possibilidade de existência de movimento sem a ação de uma força.
Indefinido (I)	Respostas com justificativas em branco ou desconexas do contexto do tema.

Quadro n° 01 - Descrição dos parâmetros das respostas dos pré e pós-testes para categorização dos alunos

Assemelhando as respostas dos alunos aos pólos de um construto, imaginamos uma régua numérica que recebeu valores numéricos positivos e negativos cujos valores foram -1,0, -0,5, 0, +0,5 e +1,0.

Assim, as respostas dos alunos foram valoradas conforme a régua da figura 22, e estariam associadas à classificação dos alunos definidas no quadro 1.

Exemplificando, a resposta do aluno classificada como do pensamento aristotélico (PA) receberia o valor -1,0. A classificada como tendência ao pensamento aristotélico (TPA) seria valorada em -0,5. O pensamento galilaico (PG), +1,0 e a tendência ao pensamento galilaico (TPG), +0,5. A resposta considerada como indefinida teria o valor 0. Como o questionário tinha 6 questões, o somatório das mesmas fluiria num eixo contínuo bipolar com valores máximos de -6 e +6.

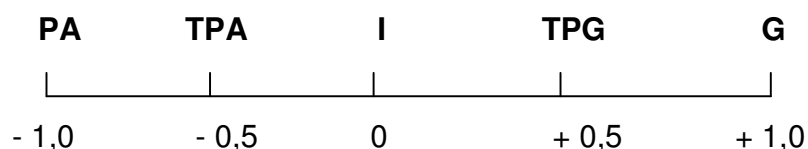


Figura 22 - Régua numérica com valores associados à classificação das respostas dos alunos, conforme quadro 1.

A classificação dos alunos segundo o quadro 1 seria feita através do somatório das respostas das 6 questões do questionário. Esse somatório variaria num intervalo máximo de -6 ou +6, num eixo, assumindo valores discretos.

Os intervalos de valores ou, como poderíamos chamá-los, faixas de conveniência para classificação e categorização em aristotélico (A), tendência à Aristóteles (TA), galilaico (G), tendência à Galileu (TG) e indefinido (I) para os pré e pós-testes seriam as seguintes:

Quadro 2 - Faixas de valores numéricos para classificação das respostas dos alunos no pré-teste e no pós-teste.

	Classificação e Categorização				
	A	TA	I	TG	G
Faixas de valores	[-6 a]-3	[-3 a]0	0]0 a [+3	+3[a +6]

Para um melhor entendimento desse processo, veja como exemplo, as respostas do aluno XVII no pré-teste, contidas no quadro 3 abaixo, para podermos classificá-lo.

Neste caso, as respostas das 1ª e 3ª questões foram enquadradas como pensamento aristotélico (PA) e receberam o valor -1,0, conforme estabelecido na régua numérica da figura 22. As 2ª e 8ª questões, enquadradas como TPA, receberam o valor -0,5. A resposta da 5ª questão, enquadrada com PG, recebeu +1. A 7ª questão, no parâmetro da TPG, ficou com +0,5. Calculando o somatório dos valores das respostas dos alunos ($-1,0 - 0,5 - 1,0 + 1,0 + 0,5 - 0,5 = -1,5$) obtivemos -1,5. Levando esse valor para o quadro 2, pudemos observar que o aluno XVII ficou classificado como possuindo tendência a Aristóteles (TA).

Aluno	questões						Somatório	Classificação
	1ª	2ª	3ª	5ª	7ª	8ª		
XVII	-1,0	-0,5	-1,0	+1,0	+0,5	-0,5	-1,5	TA

Quadro 3 - Respostas valoradas de um aluno de acordo com a régua termométrica, seu somatório e sua classificação no pré-teste.

Dessa maneira desenvolvemos todo o processo de classificação para o pré-teste bem como para o pós-teste.

4.2.2. Classificação e categorização dos alunos no pré-teste

A classificação das respostas dos alunos no pré-teste é apresentada no gráfico 1, abaixo:

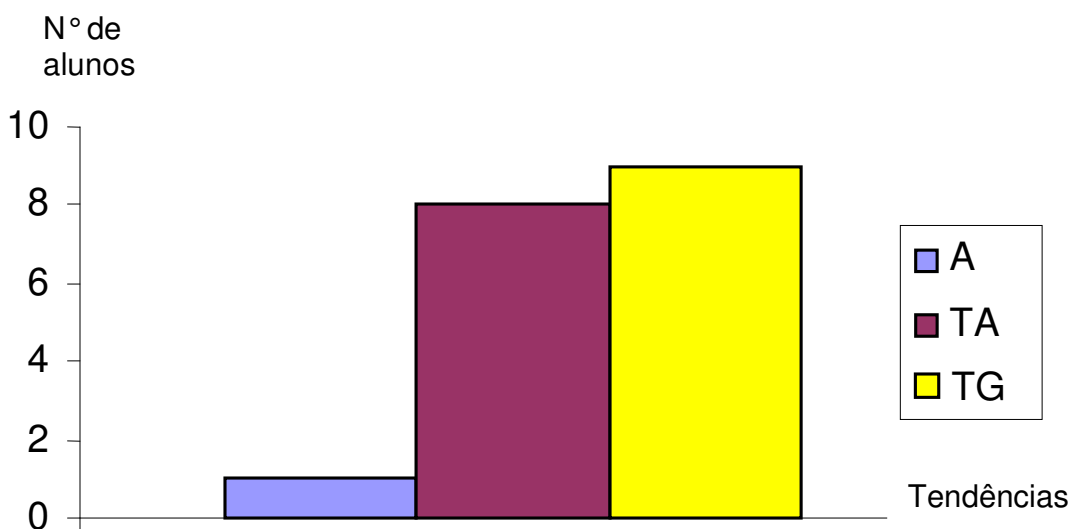


Gráfico 1 - Classificação das respostas do pré-teste que indicam um equilíbrio entre as idéias aristotélicas e galileanas.

O que se observou no gráfico acima foi o surgimento de dois conjuntos, um denominado Aristóteles, de concepção aristotélica, constituído por 9 (nove) alunos classificados tanto em A quanto em TA, e outro conjunto, Galileu, com tendências à concepção galilaica, (TG), também com 9 (nove) alunos. Ambos espelhavam um equilíbrio, com um percentual de 50% cada um.

Assim como uma régua termométrica mede a temperatura de uma pessoa, esperava-se que a “temperatura” da maioria da turma fosse, segundo os PCN+, 2002, dentro do contexto da visão aristotélica. Isso não ocorreu, quebrando a nossa expectativa.

Verificou-se também o não surgimento de alunos classificados em G. Isso era esperado porque as idéias aristotélicas são de fácil constatação no cotidiano dos

alunos enquanto que as idéias de Galileu sobre o MRU requerem um raciocínio mais abstrato, contrário às observações práticas do dia-a-dia.

4.2.3. Classificação e categorização dos alunos no pós-teste

As respostas do pós-teste foram classificadas da maneira mostrada no gráfico 2.

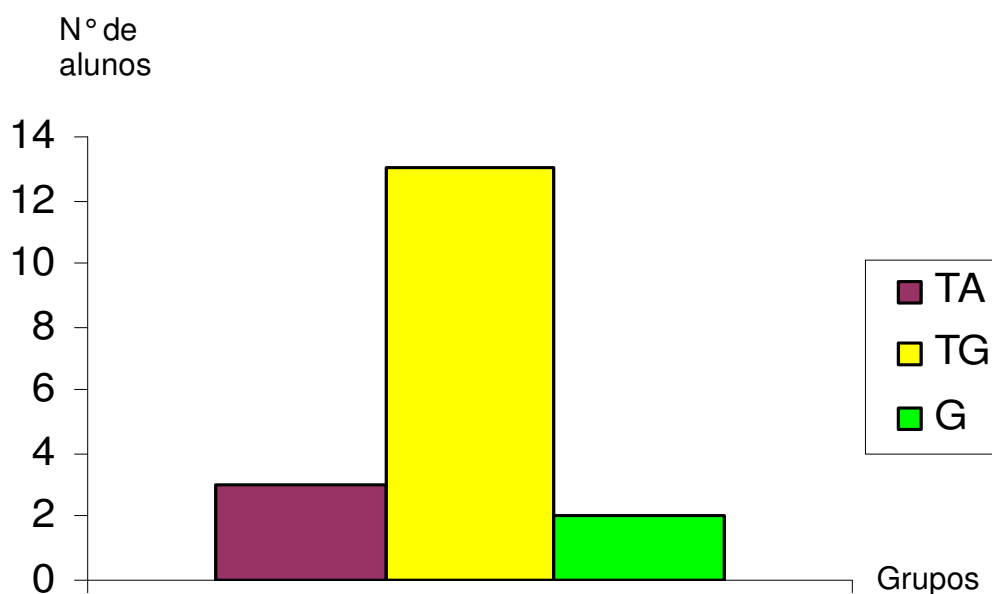


Gráfico 2 - Classificação das respostas do pós-teste.

Comparando os dados do gráfico 2 com os do gráfico 1, verificamos que o grupo TA reduziu de 8 para 2 alunos perfazendo um percentual de 33% de redução, o grupo TG aumentou de 9 para 14 alunos, num percentual de 28% de ampliação e o grupo G, que não existia antes, surgiu com 02 alunos, correspondendo a 11% do total.

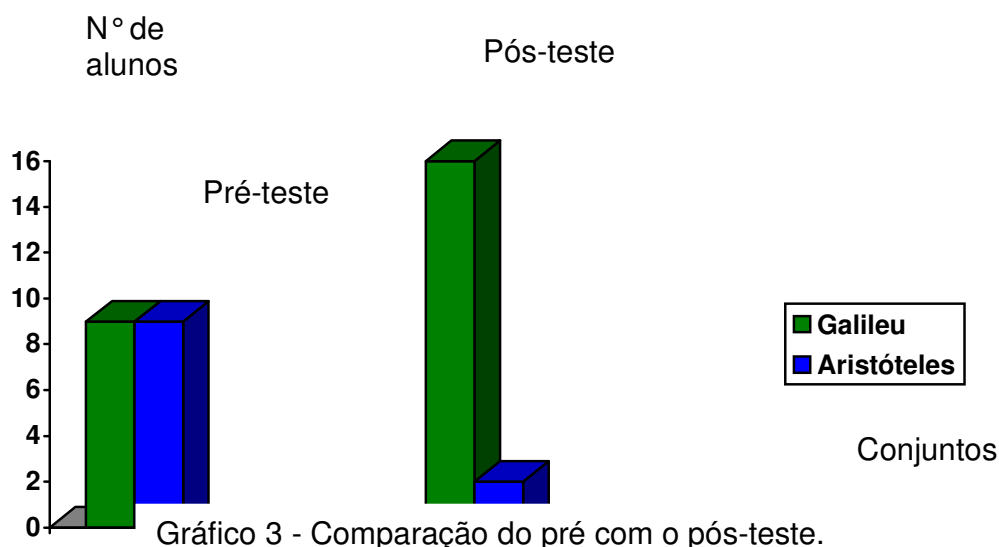
Prosseguindo na comparação, observamos que o conjunto Aristóteles formado anteriormente pela soma de A com TA, passou a ser constituído por apenas alunos na categoria TA. Ele reduziu de 9 para 2 alunos, numa queda de 39%, sendo que o grupo A deixou de existir, provavelmente influenciado pela intervenção didática, na qual os alunos revisaram seus conceitos. Por outro lado, o conjunto Galileu, formado apenas por TG no pré-teste, passou a ser constituído

também de G. Ele foi de 9 para 16 alunos, perfazendo um aumento de 39% do total.

A queda de 39% no conjunto Aristóteles e o aumento de 39% no conjunto Galileu não é coincidência, pois tendo apenas dois conjuntos, o percentual de queda em um conjunto equivale ao aumento no outro.

4.2.4. Comparação dos conjuntos Aristóteles e Galileu

Na comparação do pré com o pós-teste dos conjuntos Aristóteles e Galileu, obtivemos os seguintes resultados os quais são apresentados no gráfico 3.



A comparação do pré-teste com o pós-teste nos possibilitou identificar uma variação considerável nas concepções aristotélicas e galileanas dos conjuntos, num total de 78%.

Além disso, essa comparação nos permitiu quantificar e classificar os alunos segundo o quadro 4, em:

- Segmentos de alunos que revisaram construtivamente suas concepções de Aristóteles para Galileu (Progressão-P).
- Segmentos de alunos que permaneceram com suas concepções originais (Fixos ou Resistentes-F).

Movimentação		Alunos	Total de alunos	%
P	TA para TG	I, VI, VII, X, XV, XVII	6	33
	TG para G	II, XII	2	11
	A para TG	IV	1	6
F	Fixo TG	III, V, VIII, IX, XI, XIII, XIV	7	39
	Fixo TA	XVI, XVIII	2	11
Total			18	100

Quadro 4 - Demonstrativo dos segmentos de alunos que progrediram e que permaneceram fixos em suas concepções.

Essas diversas movimentações são apresentadas no gráfico 4, conforme enquadramento das respostas em segmentos de alunos que progrediram positivamente (P) e que permaneceram fixos ou resistentes (F), com seus respectivos percentuais.

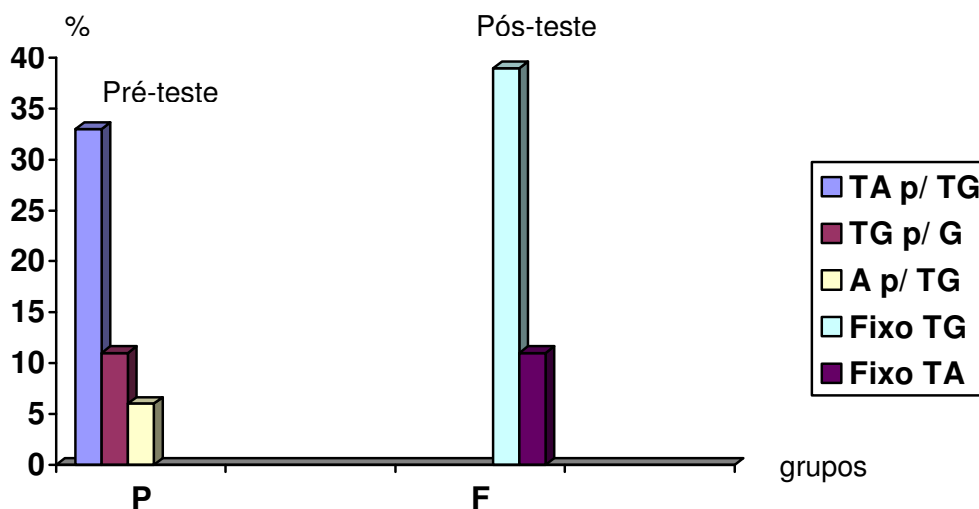


Gráfico 4 - Segmentos de alunos fixos e que progrediram.

Pode-se concluir desses dados, que 16 alunos formam o conjunto Galileu e totalizam um percentual de 89%. Apenas dois alunos permaneceram com suas idéias aristotélicas, num percentual de 11%.

Após a quantificação e classificação dos alunos pelos segmentos dos que progrediram e dos que permaneceram com suas idéias, vamos agora, procurar entender porque os mesmos ficaram nessas situações.

4.2.5. Alunos que progrediram em suas idéias

Inicialmente abordaremos a análise dos alunos que progrediram em suas concepções. Foram 9 (nove) alunos nessa situação que se distribuíram da seguinte maneira do pré-teste para o pós-teste:

- 6 (seis) alunos progrediram de TA para TG.
- 2 (dois) alunos progrediram de TG para G.
- 1 (um) aluno progrediu de A para TG.

Cada questionário do pré-teste tinha 6 (seis) itens a serem respondidos. Como foram nove alunos que progrediram deveriam ser respondidos um total de 54

(cinquenta e quatro) itens. Desse total, 43 (quarenta e três) foram respondidos segundo a classificação descrita no quadro 01, correspondendo um percentual de 80%, aproximadamente.

Já no pós-teste, dos 54 (cinquenta e quatro) itens, 44 (quarenta e quatro) deles foram respondidos, representando um percentual aproximado de 82%, do total. A distribuição e classificação das respostas conforme o quadro 1 apresentou o seguinte resultado, espelhado no quadro 5, logo a seguir.

Respostas conforme quadro 1	Pré-teste		Pós-teste	
	n° de respostas	%	n° de respostas	%
PA	12	22	01	2
TPA	15	28	11	20
PG	06	11	15	28
TPG	10	19	17	32
I	11	20	10	18
Total	54	100	54	100

Quadro 5 - Classificação das respostas dos alunos que progrediram, conforme quadro 1.

Considerando as respostas PA e TPA como contendo idéias aristotélicas e PG e TPG, como contendo idéias galileanas, os seus somatórios percentuais foram de:

	Idéias aristotélicas	Idéias galileanas	Indefinidas
Pré-teste	50%	30%	20%
Pós-teste	22%	60%	18%

Quadro 6 - Somatórios percentuais das respostas dos alunos.

No pré-teste, observou-se que as respostas contextualizadas aristotelicamente suplantaram as idéias galileanas em 20%, o que indica que a concepção de

Aristóteles predominou nesse momento, o que já se esperava, de certa maneira, conforme discussão na página 48.

Já no pós-teste, as idéias galileanas suplantaram as idéias aristotélicas em 38%, um forte indicativo de mudança pelo grupo de alunos de um conceito por outro, mudança essa possivelmente influenciada pela metodologia fundamentada no CEK da TCP de George Kelly.

As respostas indefinidas apresentaram um equilíbrio entre o pré e o pós-teste, indicando, possivelmente, um desejo dos discentes em permanecerem com suas idéias.

Além disso, verificamos, através de uma comparação das respostas do pré e pós-testes, que as respostas do pós-teste eram mais elaboradas linguisticamente e cientificamente, compatíveis com um linguajar utilizado no contexto científico. Isto é, os alunos se fizeram entender através do uso correto da língua portuguesa, assim como do uso de idéias cientificamente corretas, ou seja, respostas que indicaram a compreensão clara e explícita das idéias de Galileu.

Desse modo, foi feito um levantamento dessas respostas no pré e no pós-teste. Dos 54 itens previstos para serem respondidos, obtivemos no pré-teste, apenas 5 (cinco) respostas mais elaboradas, um percentual aproximado de 9%. No pós-teste, foram 21 (vinte e uma) respostas, perfazendo um percentual aproximado de 39% .

Nessa comparação, verificou-se um aumento percentual aproximado de 30% no total das respostas do pré para o pós-teste, o que evidenciou, de sobremaneira e conseqüentemente a progressão dos alunos de uma visão para outra.

Para exemplificação de uma resposta bem elaborada tanto no seu aspecto lingüístico quanto científico, observamos a questão 8, do aluno II:

Pré-teste

8ª Questão

Com a ponta do dedo, você põe um livro em movimento, empurrando-o sobre uma mesa plana e nivelada. O livro percorre uma certa distância e pára. Ai faz-se um polimento mais acurado do tampo da mesa e você empurra, novamente, o livro. Observa que o livro vai percorrer uma distância maior que a anterior. São feitas diversas tentativas, sempre polindo mais. E, cada vez mais, as distâncias vão aumentando. Suponha uma superfície do tampo da mesa perfeitamente lisa, sem atrito e de tamanho infinito. Dentro deste contexto, ao empurrarmos o livro, o que acontecerá com o mesmo? Marque com um X a resposta que você acha correta.

- a. O livro irá se movimentar infinitamente.
- b. O livro novamente irá parar.

Explique o porquê da sua resposta

POISQUE ELE NÃO TEM UMA FORÇA
CONSTANTE ATUANDO SOBRE ELE.

Pós-teste

- a. O livro irá se movimentar infinitamente.

- b. O livro novamente irá parar.

Explique o porquê da sua resposta

POISQUE DEIXARIA DE SOPRER A INTERFERE-
ÊNCIA DO ATRITO.

Figura 23 - Comparação da resposta da questão 8, do pré com pós-teste do aluno II, no

contexto da sua elaboração gramatical e conceituação científica.

Na sua resposta do pré-teste observou-se que o aluno se expressou bem na língua portuguesa, mas cientificamente não está correta, pois a mesma enquadrava-se no pensamento de Aristóteles que dizia que um corpo só pode permanecer em movimento se existir uma força atuando sobre ele (FIGUEIREDO, 1998).

Já no pós-teste verifica-se que a resposta foi bem elaborada no contexto lingüístico e correta quanto ao aspecto científico, pois ela indicou a compreensão clara e explícita da idéia de Galileu que dizia que “se pudéssemos eliminar todo o atrito e a resistência do ar, o corpo continuaria indefinidamente em MRU” (RAMALHO JÚNIOR, 1999, p. 193).

Para demonstrar uma resposta não bem elaborada no seu aspecto lingüístico e correta do ponto de vista científico, observamos a do aluno I no pré e no pós-teste:

Pré-teste

7ª Questão

Um motorista com cinto de segurança encontra-se num carro parado, aguardando o sinal abrir. De repente, um outro veículo vem por trás e lhe dá uma violenta batida. Dentro deste contexto, assinale abaixo, qual dispositivo de segurança é o único indicado para proteger o motorista, imediatamente após o choque:

() cinto de segurança.
 encosto de cabeça

Explique o porquê da sua resposta:

Por ao tomar o susto ele se
encosta e respira aliviado.

Pós-teste

Explique o porquê da sua resposta:

Por ele após o acidente ele será
lançado p/ atrás e com isso
o encosto irá lhe proteger.

Figura 24 - Exemplo de uma resposta mal elaborada gramaticalmente e bem cientificamente de um aluno no pré e no pós-teste.

Essa questão procurou explorar a inércia de Galileu no contexto de situações vividas no nosso dia-a-dia. A inércia diz que “um corpo tende a permanecer em seu estado de repouso ou de movimento, ou seja, se o corpo estiver em repouso, por inércia, tende a ficar parado e só a ação de uma força poderá alterar esse estado; se estiver em movimento, sem que nenhuma força atue sobre ele, por inércia, tende a se mover em linha reta com velocidade constante” (MÁXIMO, 1997, p. 179).

Assim, do exposto acima, verificou-se que a resposta do aluno no pré-teste estava inelegível e desconexa no aspecto científico. Já no pós-teste melhorou linguisticamente e estava cientificamente correta.

A intervenção didática, como se sabe, fundamentou-se no CEK. As atividades desenvolvidas nos momentos do Encontro e da Revisão Cognitiva foram aulas expositivas e experimentações em sala de aula.

Um fato interessante foi que essas atividades podem ter influenciado e contribuído para um melhor aprendizado dos alunos, particularmente na revisão das suas formas de pensar. Essa revisão pode ser observada da seguinte maneira:

(1°) Pela resposta, contida na figura 23, percebemos que o aluno, no pré-teste, demonstrou clara e explicitamente sua concepção da existência de movimento somente sob a ação de uma força, concepção considerada como aristotélica, de acordo com Ramalho Junior (1997). Já, no pós-teste, ele diz que o livro iria se movimentar infinitamente desde que deixasse de sofrer a influência do atrito, numa demonstração de que o aluno visualizou explicitamente a possibilidade da existência de movimento sem a ação da força motora, como mentalmente Galileu tinha idealizado.

(2°) Além disso, pelo levantamento das respostas elaboradas linguisticamente e cientificamente corretas, verifica-se um aumento percentual do

pré-teste de 9% para 39% no pós-teste numa variação significativa de 30%. E mais, conforme dados do gráfico da página 56, comparando os conjuntos Aristóteles e Galileu, verificamos no pré-teste, um equilíbrio de 50% entre eles. Já no pós-teste, após a aplicação do CEK na intervenção didática, o conjunto Galileu passou para 16 (dezesesseis) alunos e o conjunto Aristóteles reduziu-se para 02 (dois) estudantes, numa variação em termos percentuais de 78%, um dado relevante e indicativo da importância do CEK. A conjunção destes dois aspectos, só vem a confirmar que os alunos, sim revisaram suas formas de pensar, de maneira expressiva.

Na participação deles, denotava-se o entusiasmo e a vontade de aprender experimentando, coisas que não faziam em outras disciplinas ou em outras atividades nas quais desempenhavam apenas o papel de ouvintes, conforme observamos nas suas frases abaixo, registradas nos momentos do CEK:

3º) O que é que você acha que ainda precisa mudar ou que precisa saber?
 Professores Capazes e paciência para nos ensinar com calma detalhes através de experiências.

3º) O que é que você acha que ainda precisa mudar ou que precisa saber?
 O que precisa mudar é fazer novas experiências.

1º) Que idéias você tinha sobre o tema ou do assunto da Pesquisa, antes de participar do momento do Encontro (aula propriamente dita em que foi mostrada a experiência com o disco de vinil)?
 Foi sempre legal ter uma aula diferente, eu adoro.

2º) Que idéias você têm agora depois do momento do Encontro?
 ideias não dei no de: que tem aula com um professor alegre e entusiasmado como meu é muito legal.

Figura 25 - Frases de alunos registradas nos momentos do CEK.

Esses comentários demonstram de certa maneira que a motivação e a empatia são elementos pedagógicos que influenciam no processo da aprendizagem.

4.2.6. Alunos fixos em suas idéias

O entendimento dos porquês dos alunos permanecerem com suas idéias originais foi o próximo momento da análise. Esses alunos, num total de nove, se distribuíram dentro da seguinte maneira:

- Sete alunos que permaneceram com as concepções de Galileu.
- Dois alunos que permaneceram com concepções aristotélicas.

Cada questionário do pré-teste tinha 6 (seis) itens a serem respondidos. Como foram nove alunos que permaneceram com suas convicções, deveriam ser respondidos um total de 54 (cinquenta e quatro) itens.

Desse total, 39 (trinta e nove) foram respondidos segundo a classificação descrita no quadro 01. Esse número representou um percentual de 72%, aproximadamente.

Já no pós-teste, dos 54 (cinquenta e quatro) itens, 41 (quarenta e um) deles foram respondidos, representando um número percentual aproximado de 76%. A distribuição e classificação das repostas conforme o quadro 1 apresentou o seguinte resultado, retratado no quadro 5, logo a seguir.

Respostas conforme quadro 1	Pré-teste		Pós-teste	
	n° de respostas	%	n° de respostas	%
PA	04	7	03	6
TPA	14	26	12	22
PG	11	20	13	24
TPG	10	19	13	24
I	15	28	13	24
Total	54	100	54	100

Quadro 7 - Classificação das repostas dos alunos que

permaneceram com suas convicções, conforme quadro 1.

Considerando as respostas PA e TPA como de idéias aristotélicas e PG e TPG, como galileanas, os seus somatórios percentuais foram de:

	Idéias aristotélicas	Idéias galileanas	Indefinidas
Pré-teste	33%	39%	28%
Pós-teste	28%	48%	24%

Quadro 8 - Somatórios percentuais das respostas dos alunos enquadradas nas idéias de Aristóteles ou Galileu.

Comparando as respostas das idéias aristotélicas do pré com as do pós-teste denotou-se uma redução percentual de 6%, um número ínfimo, indicando, dessa maneira, que as convicções aristotélicas dos alunos, praticamente permaneceram as mesmas de um momento para o outro.

Quanto às respostas galileanas houve um aumento de 9%, número muito pequeno em relação ao total e que sinaliza a permanência das idéias de Galileu, do pré para o pós-teste.

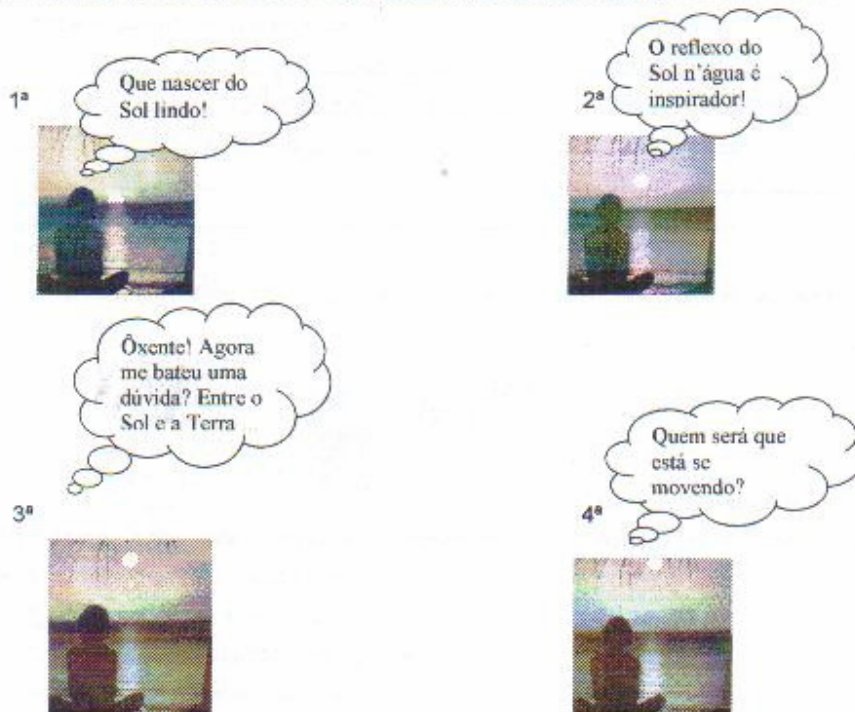
O percentual de respostas indefinidas mostrou um equilíbrio entre as mesmas do pré para o pós-teste, o que provavelmente prenunciou uma resistência dos alunos em revisarem suas estruturas cognitivas.

A demonstração da permanência das convicções, particularmente das idéias aristotélicas, pode ser exemplificada na resposta do aluno XVI na figura 26.

Pré-teste

1ª questão

As figuras seqüenciadas abaixo representam o cenário de uma pessoa sentada na sua casa de raia observando o nascer do Sol. A pessoa na casa de praia representa a Terra.



Seria correto a pessoa afirmar que a Terra está parada e o Sol em movimento? Marque com um X a resposta correta:

- a. Sim b. Não

Explique o porquê da sua resposta.

porque o Sol nunca está parado.
 Ele está sempre em movimento
 porque que o Sol nascer tão lindo.

Pós-teste

Seria correto a pessoa afirmar que a Terra está parada e o Sol em movimento? Marque com um X a resposta correta:

- a. Sim b. Não

Explique o porquê da sua resposta.

O SOL ESTA SEMPRE EM MOVIMENTO

Figura 26 - Exemplificação de uma resposta de um aluno que permaneceu com as idéias aristotélicas no pré e no pós-teste.

A questão acima tratou de explorar as teorias geocêntrica e heliocêntrica, respectivamente seguidas por Aristóteles e Galileu. Na geocêntrica, o planeta Terra é o centro do Universo enquanto que na heliocêntrica é o Sol. Verificou-se que o aluno, no pré-teste apresentou a idéia geocêntrica, quando disse que o “Sol nunca está parado”, subtendendo-se que a Terra é o centro e os demais astros e estrelas giram em torno da mesma. No pós-teste, a resposta praticamente é a mesma do pré-teste, quando escreveu que “o Sol está sempre em movimento”. Foram respostas semelhantes redigidas, tanto gramaticalmente como na sua correção científica que retrataram a idéia aristotélica do geocentrismo, tanto no pré-teste como no pós-teste. Isso demonstra de certa forma, a permanência de suas idéias do pré-teste para o pós-teste.

4.2.7. Análise dos momentos do CEK

Finalmente, o estudo dos registros dos momentos do CEK foi o encerramento da análise deste trabalho. Esse estudo foi realizado para que pudéssemos entender porque o aluno progrediu e porque permaneceu com suas idéias, enfatizando a contribuição dos momentos para a revisão na estrutura cognitiva dos estudantes. Além disso, essa análise foi feita também para avaliar a contribuição do CEK como um processo metodológico.

O CEK é constituído de cinco momentos, assim denominados: antecipação, investimento, encontro, confirmação ou desconfirmação e revisão construtiva. O registro desses momentos foi feito através de um questionário com perguntas contextualizadas e de acordo com as finalidades e objetivos de cada momento do CEK.

4.2.7.1. Antecipação

O momento da antecipação do acontecimento teve a participação de 16 (dezesesseis) alunos de um total de 18 (dezoito). Desses 16 (dezesesseis) estudantes, 9 (nove) eram alunos do segmento que progrediram e 7 (sete), do segmento fixos.

A antecipação, como momento de pensar e antecipar dos estudantes, pode ser observado pelo registro das respostas dos questionários, em que se denota conhecimento apreendido na 8ª série do ensino fundamental, como escreve o aluno VII quando é indagado sobre o que já sabe acerca do tema da pesquisa, responde que “até agora o que já sei é sobre o impulso que a pessoa tem que dar em qualquer objeto para ser movimentado”. Nota-se que o aluno VII confunde impulso com força. O aluno XIII, na resposta do que sabe, diz que no “a velocidade é a variação do espaço pelo tempo”. São respostas oriundas de livros didáticos¹⁸ da 8ª série do ensino fundamental, cujo conteúdo programático se subdivide em conhecimentos de Química e de Física.

Outros conhecimentos mais elaborado, em concordância com a “temperatura da turma” podem ser originados da educação informal. Não vieram da 8ª série, logo presume-se que os tenham apreendido no contexto da educação informal. Afinal, segundo dados do levantamento do perfil sócio-econômico, a totalidade dos estudantes dispõe de aparelhos de TV ou rádio, que veiculam notícias de eventos científicos.

Falta colocar 2 respostas do cotidiano notícias de eventos (científicos) e 2 respostas bem elaboradas.

O despertar da curiosidade, a expectativa e a motivação para participação contribuíram para esse momento, como se observa a resposta do aluno XI quando instado a responder o que já sabe ou vai que vai ser útil para o projeto, diz que

¹⁸ GOWDAK, Demétrio. Ciências natureza e vida._ São Paulo: FTD, 1996.

SILVA JÚNIOR, César. Ciências: entendendo a natureza: a matéria e a energia: 8ª série._ São Paulo: Saraiva, 1998.

“acho que vai ser de muita importância para nos deixar mais atualizados e até aprender o que nunca vimos, saber a diferença entre os pensamentos dos grandes gênios” ou , então, quando o aluno VI escreve que “ eu não sei o que vai precisar para esse projeto mas espero que ele traga bons frutos”.

São indicativos que os alunos estavam motivados, com expectativas para participação na pesquisa e possuíam conhecimentos aprendidos de séries anteriores ou então, originados da educação informal, que arrumados em suas estruturas cognitivas, os embasariam para o momento do Encontro. Os conhecimentos que faltaram, os alunos foram buscar no próximo momento do Investimento.

4.2.7.2. Investimento

O momento do investimento para os alunos consiste na busca de conhecimentos que faltam, teve a participação de 14 alunos, sendo 08 (sete) estudantes do segmento que progrediram e 06 (seis), do segmento fixos. Esse momento não teve a assistência direta do pesquisador.

Dos registros dos 06 (seis) alunos do segmento fixos verificou-se que o item 3 do questionário foi respondido por apenas 02 (dois) estudantes. Quatro deixaram em branco, demonstrando desinteresse ou desmotivação, provocados possivelmente, pela carência de livros e revistas na biblioteca ou mesmo, pela dificuldade de acesso à mesma. Essa dificuldade era conseqüência do seu fechamento, devido à ausência da responsável pela sua abertura, fato esse obtido em conversas com os estudantes ou mesmo, comprovado pelo pesquisador, em muitas vezes. Isso prejudicou um pouco a procura pelas informações que faltavam, para a preparação do Encontro.

Dos alunos do segmento que progrediram, 05 (cinco) responderam e 03 (três) deixaram em branco o item 3, que, ao contrário do segmento fixos, indicou maior

interesse e motivação para a procura dos conhecimentos que faltavam, conforme se depreende da resposta do estudante ao responder a indagação do item 3 na figura 27.

3. Que informações, conhecimentos ou algo novo você descobriu até agora, a respeito dos tópicos abordados no tema da pesquisa? Entendi que a atuação de uma força é necessário para passar um corpo do estado de repouso ao de movimento uniforme.

Figura 27 - Resposta do aluno I do item 3 do momento do Investimento.

O aluno II escreve que “o principal foi a que pode haver movimento sem ação de uma força”.

O aluno VI diz que “ficou sabendo que todo corpo tende a continuar seu estado de repouso ou de movimento uniforme caso nenhum agente externo atue sobre ele”.

Essas respostas evidenciaram, de certo modo, o interesse pela procura e demonstraram o aprendizado sobre o que foi pesquisado.

Quando perguntado se fez alguma pesquisa, dos 14 alunos, apenas sete responderam que sim, sendo 06 (seis) do segmento que progrediram, e 01 do segmento fixos. Mais uma vez, o segmento fixos demonstrou o desinteresse para a busca do conhecimento, o que implicaria, provavelmente, na permanência em sua cabeça dos conhecimentos que já tinha. Quanto aos alunos do segmento que progrediram, esse fato veio apenas sedimentar mais seus conhecimentos, propiciando melhores condições para a respectiva progressão.

As opções do tipo e locais de atividades da pesquisa mais selecionadas pelos alunos foram as conversa com entre colegas, conversa com professores e pesquisa na biblioteca. Apesar de existir o item Internet não houve nenhuma opção para o mesmo. Em conversa com os alunos, os mesmos falaram que o acesso a Internet era difícil e precário, conseqüência da falta corriqueira do responsável pela sala dos computadores.

Outro fator que teve implicações na busca dos conhecimentos pelos alunos, além dos citados, como o acesso à biblioteca ou à Internet, foi a sua condição e seu papel de trabalhador durante o dia e de estudante à noite, o que demandava um esforço e tempo para se dedicar à pesquisa.

Segundo dados do perfil sócio-econômico do total de estudantes pesquisados, 60% de alunos trabalham, 65% têm pelo menos 01 (um) filho, o que implica responsabilidades para manutenção da família ou do lar. Isso faz com que o aluno se esforce e se preocupe, inicialmente, para sua sobrevivência e da família, para depois, se possível, se dedicar aos estudos.

Esse fator provoca uma reflexão e uma indagação: *como se desenvolveria o CEK metodologicamente quando aplicado numa turma de estudantes do período matutino os quais, normalmente, não trabalham, não têm filhos e não têm obrigações de manutenção do lar?*

Munidos dos conhecimentos que já possuíam, adicionados àqueles que buscaram, os alunos foram para o momento do Encontro.

4.2.7.3. Encontro com o Acontecimento.

Foi o momento do evento em si para o qual os estudantes se prepararam. Participaram desse evento 14 (quatorze) alunos, sendo 07(sete) aprendizes do segmento dos que progrediram e 07(sete), do segmento fixos.

No momento do encontro foram desenvolvidas atividades com participação dos alunos, com ênfase no experimento do disco de vinil. Os alunos demonstraram descontração e vontade de aprender na participação da experiência, ouvindo-se comentários interessantes e que atestam a motivação, o envolvimento e a

construção do conhecimento, conforme se deduz do registro do momento da confirmação ou refutação do aluno IV, da figura 28, abaixo:

2º) Que idéias você têm agora depois do momento do Encontro? _____
 QUE FOI POSSIVEL FAZER UM OBJETO ANDAR OU
 SE MOVIMENTAR SEM AÇÃO DE UMA FORÇA

3º) O que é que você acha que ainda precisa mudar ou que precisa saber? _____
 O QUE PRECISA MUDAR É FAZER NOVAS EXPERIENCIA

4º) O que é que você acha que já tem certeza ou que já sabe sobre o tema ou o assunto da pesquisa? _____
 CERTOZA! NÃO MAS ACHO QUE FOI UMA
 EXPERIENCIA MUITO BOA

Figura 28 - Exemplo do registro do momento da confirmação ou refutação de um aluno.

Além disso, pelas respostas do registro do momento do encontro, no que tange à 1ª questão, obtivemos 93% de acertos. Essa questão dizia respeito ao conceito da inércia galileana. Na 2ª questão, em que procurava saber quem defendia a idéia da teoria heliocêntrica, 10 (dez) alunos assinalaram Galileu e 04 (quatro) marcaram Aristóteles.

Pelas respostas acima, observa-se que os alunos assimilaram e aprenderam os ensinamentos propostos que foram mediados pelo professor, no momento do encontro. Concomitantemente a esse, se processava o momento da confirmação ou da refutação dos conhecimentos.

4.2.7.4. Confirmação ou refutação.

Foi o momento do CEK ocorrido, concomitantemente ou logo após o Encontro, caracterizado como uma tomada de decisões e suas conseqüências sobre a

aceitação ou não dos resultados obtidos durante o encontro. Doze alunos responderam as perguntas do questionário do respectivo momento.

Essa tomada de decisão pode ser observada na figura 29, que registra as respostas do aluno II.

Registro do momento da CONFIRMAÇÃO ou REFUTAÇÃO

Prezado (a) Aluno (a), por gentileza, responda abaixo o seguinte:

1º) Que idéias você tinha sobre o tema ou do assunto da Pesquisa, antes de participar do momento do Encontro (aula propriamente dita em que foi mostrada a experiência com o disco de vinil)?

TINHA A IDÉIA QUE REALMENTE NECESSITAVA DA AÇÃO CONSTANTE DE FORÇA PARA UM MOVIMENTO.

2º) Que idéias você têm agora depois do momento do Encontro?

TENHO UMA IDÉIA REAL QUE O ATRITO DIMINUI A AÇÃO DA FORÇA. E QUE NO VÁCUO PODE HAVER MOVIMENTO SEM A AÇÃO DE UMA FORÇA CONSTANTE.

3º) O que é que você acha que ainda precisa mudar ou que precisa saber?

PRECISA DE UMA PROVA MAIS CIENTÍFICA DA TEORIA APRESENTADA.

4º) O que é que você acha que já tem certeza ou que já sabe sobre o tema ou o assunto da pesquisa?

TENHO CERTEZA QUE EXISTE MOVIMENTO SEM AÇÃO DE UMA FORÇA, RESTAM MAIS ESPERAÇÕES. TENHO CERTEZA QUE O ATRITO DIMINUI A AÇÃO DE UMA FORÇA

Figura 29 – Registro do momento da confirmação ou refutação do aluno II.

O aluno IV dizia que antes do encontro “só existia movimento através da ação de uma força” e que após o momento verificou que “foi possível fazer um objeto andar ou movimentar-se sem a ação de uma força”.

Outro exemplo interessante é o do aluno XI quando escreve que, antes do encontro, “nunca tinha parado para pensar porque nós éramos ensinados só com as noções já prontas e não nos mostravam como chegávamos a tais conclusões” e, logo após o encontro, fala que “hoje sei que pode existir movimento sem força em alguns casos”.

O aluno XIII, antes do momento do encontro escreveu que “só pode existir movimento se tiver uma força” e após esse momento, disse que “há movimento sem força, mas que ficava meio chateado por sabermos muito pouco”.

Essas respostas dos alunos evidenciam uma tomada decisão por parte deles, bem como, a confirmação ou refutação de suas idéias, as quais poderão ser revisadas ou não no próximo momento, da revisão construtiva.

4.2.7.5. Revisão construtiva

A revisão construtiva foi um momento pedagógico, parte expositiva e parte experimental em que foi mostrada a experiência do plano inclinado, com realce para o movimento do carrinho numa pista com atrito representada pela areia e numa pista sem a areia, sem o atrito.

Quinze alunos responderam ao questionário do registro do momento da revisão construtiva, sendo 08 (oito) estudantes do segmento que progrediram e 07 (sete), do segmento fixos. As respostas nos mostram evidências que os alunos sedimentaram seus conhecimentos e que a revisão construtiva prevista para o momento foi alcançada, como se observa na figura 30 que retrata a resposta do aluno XIII.

Registro do momento da **REVISÃO CONSTRUTIVA**

Prezado (a) Aluno (a), por gentileza, escreva abaixo o que aprendeu sobre o tema da pesquisa que diz respeito à mudança de concepção de movimento retilíneo uniforme, de pensamento aristotélico para o pensamento de Galileu.

APRENDER QUE OS CONCEITOS DE MOVIMENTO AINDA SÃO MUITO COMPLEXO, MAIS EVOLUIR BASTANTE AO SABER QUE NÃO É NECESSÁRIO FORÇA PARA ESTABELEcer MOVIMENTO COMO AFIRMAVA GALILEU
 MAS NO VÁCUO SE SOGAMOS UMA PEDRA ELA VAI EM MOVIMENTO PARA SEMPRE.

Figura 30 – Registro do momento da revisão construtiva do aluno XIII

Outro exemplo da revisão construtiva, pode ser observado pelos registros dos momentos da antecipação e da revisão construtiva do aluno IV, descritos nas figuras 31 e 32, respectivamente.

Prezado (a) Aluno (a)

- 1) Diante das informações que você já ouviu, escreva abaixo, o que é que você já sabe e acha que vai ser útil para esse Projeto de Pesquisa.
- 2) Escreva abaixo, o que é que você acha que vai precisar e que você ,ainda não sabe para esse Projeto.

Respostas

3) QUE DÚVIDAS SURTIRAM NA SUA CABEÇA, A PARTIR DA APRESENTAÇÃO DO PROJETO?

RESPOSTAS

1º todo corpo fica em movimento quando atua uma força sobre ele

2º O QUE VAI PRECISAR NÃO SEI NO MOMENTO E O QUE EU AINDA NÃO SEI DENDE

3º VARIAS

Figura 31 - Registro do momento da Antecipação do aluno IV

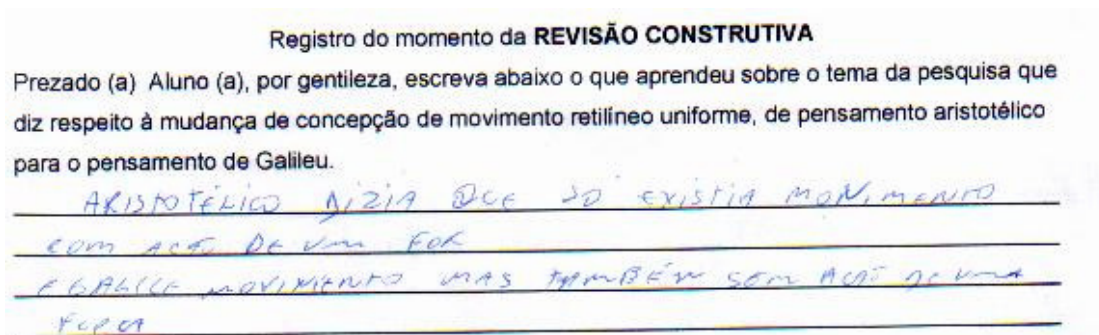


Figura 32 - Registro do momento da Revisão Construtiva do aluno IV.

A revisão do conhecimento também pode ser evidenciada pelo aluno II no registro da confirmação ou refutação, quando diz que “tinha uma idéia que realmente necessitava da ação constante da força para um movimento mas que agora tenho uma idéia real que o atrito diminui a ação da força e que no vácuo pode haver movimento sem a ação de uma força constante”.

Essa divagação foi consolidada na revisão construtiva quando ele escreve que “aprendeu um pouco mais sobre MRU, a lei da Inércia, deslocamento com e sem força constante e, principalmente que pode existir deslocamento infinito se não existisse nenhum tipo de atrito”.

4.3. Momentos do CEK

Assim como uma corrente é composta de elos, o CEK é constituído pelos momentos da antecipação, investimento, encontro, confirmação ou refutação e revisão construtiva. Esses momentos são partes relevantes e importantes dessa corrente que podemos denominar de processo ensino-aprendizagem. Todos os elos precisam ser fortes para que a corrente não se rompa, não se quebre, pois caso ocorresse, certamente, teria implicações negativas na aprendizagem do aluno, como objetivo final da educação.

O balanço cognitivo, a busca de conhecimentos para o embasamento para o encontro, com suas experiências utilizadas nas aulas, foram importantes para que os alunos revisassem e sedimentassem seus conhecimentos, contribuindo para as mudanças nas formas de pensar dos aprendizes.

Todos os momentos foram relevantes e contribuíram de modo considerável para revisão cognitiva dos alunos, mas o momento do Encontro, com sua aula construtiva e participação individual dos estudantes, com realce para a experiência do disco de vinil, pode ser considerado como a fase do CEK que mais despertou o interesse dos estudantes.

5. CONCLUSÕES

A concepção de que o Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) ocorre sob a ação de uma força constante existe desde a Antigüidade, tendo sido formulada por Aristóteles. Essa concepção aristotélica de que o MRU ocorre sob a ação de uma força continuou a ser aceita no meio científico até o século XVII. A ruptura desse paradigma ocorreu, nesse período, quando Galileu Galilei deduziu esse movimento sob a perspectiva da não ação de forças externas, atuando sobre o objeto em movimento. Apesar disso, tal concepção aristotélica tem permanecido até hoje no senso comum, sendo detectada, e até mesmo perdurada ou de existência coabitada (com a concepção galileana), entre alunos do ensino médio (EM).

A revisão construtiva da concepção aristotélica para a concepção galileana do MRU, na estrutura cognitiva de alunos do 1º ano do EM de uma escola da rede estadual foi a temática do presente trabalho, que se propôs a responder à seguinte questão: “Como promover a revisão do pensamento aristotélico para o de Galileu entre alunos do 1º ano do EM da escola pública estadual?”

Para possibilitar a mudança dessa idéia e atingir tal revisão desenvolvemos atividades baseadas no CEK, parte integrante da TCP de George Kelly. A TCP foi escolhida porque é uma teoria psicológica com abordagem construtivista em que o aluno constrói o conhecimento e apresenta alternativa para essa construção, podendo refutá-la ou não. Nessa construção da alternativa ou não, ele desempenha o papel de homem-cientista, uma vez que tem a possibilidade de refletir, comparar e revisar conceitos e princípios.

Para a consecução da revisão construtiva, abordamos as concepções do MRU segundo as visões de Aristóteles e de Galileu, evidentemente, em conjunto com os conceitos físicos inerentes ao tema da pesquisa.

Nesse entorno problemático, o nosso objetivo geral de revisar construtivamente o MRU com a ação da força para o MRU sem a ação da força, tem uma estrutura lógica que fora pensado, da seguinte forma.

Inicialmente, procuramos identificar as concepções dos alunos através da aplicação de um pré-teste. Em seguida, fizemos a intervenção didática fundamentada no CEK e, logo após, aplicamos o pós-teste.

Feito isto, o nosso estudo sobre o problema começa por compararmos o pré-teste com o pós-teste para saber, se houve a revisão ou não das concepções dos alunos. Simultaneamente, avaliamos o CEK, como uma nova ferramenta metodológica, parte essencial desse trabalho, buscando dados de relevância para essa finalidade, mediante os registros dos momentos do Ciclo.

A análise dos dados nos mostrou um equilíbrio no pré-teste de 09 (nove) alunos com concepções aristotélicas e 09 (nove) com concepções galileanas. De certa forma, foi uma surpresa, já que esperávamos uma maioria de pensamento aristotélico, conforme argumentação apresentada à página 48.

No pós-teste, aplicado logo depois da intervenção didática, pudemos verificar uma mudança significativa da concepção de Aristóteles para a de Galileu. Senão vejamos: no pré-teste houve um equilíbrio de nove alunos com idéias aristotélicas e nove com idéias galilaicas. Já no pós-teste, 07 (sete) alunos do conjunto Aristóteles passaram a apresentar concepções próximas ao pensamento galileano, representando um percentual de 39%. Desse modo, após o ID, o conjunto Aristóteles ficou com 02 (dois) alunos e o conjunto Galileu totalizou 09 (nove) estudantes, apresentando uma variação de 14 aprendizes, que em pontos percentuais representou 78%. Um número significativo que demonstra a otimização e a funcionalidade do CEK, como instrumento metodológico no processo da aprendizagem e que nos permitiu responder à indagação inicial de “como promover, entre alunos do 1º ano do ensino de uma escola pública, a revisão do pensamento aristotélico para o de Galileu”.

Acreditamos que a nossa pesquisa é relevante, pois foi baseada no Ciclo da Experiência Kellyana da Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly, uma teoria psicológica dirigida à aprendizagem que está sendo difundida em congressos, simpósios e no mundo científico pelo Programa de Pós-Graduação Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco e coordenado pela professora doutora Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, que desenvolve suas pesquisas nos cursos de graduação, da pós-graduação, no mestrado Ensino das Ciências e nos grupos de estudos.

Além disso, podemos considerar este trabalho como inédito, pois o CEK da TCP de George Kelly aplicado como metodologia para revisão de conceitos, particularmente, entre alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola da rede pública estadual, é a primeira vez que se tem notícia.

Ressaltamos que a TCP de George Kelly já fundamentou as pesquisas desenvolvidas por Geni Barbosa Bezerra, em sua Dissertação defendida em fevereiro de 2005, na Universidade Federal Rural de Pernambuco, de tema “Investigando o desenvolvimento do princípio de interdependência entre os elementos da biosfera, com alunos do ensino fundamental” cuja pesquisa foi desenvolvida junto a alunos da 1ª série do Ensino Fundamental e de Gizella Menezes Rodrigues, em sua Dissertação “A abordagem do conceito de energia através de experimentos de caráter investigativo, numa perspectiva integradora”, defendida em 24 de fevereiro de 2005, na Universidade Federal Rural de Pernambuco, desenvolvida com alunos do ensino médio.

Além disso, o presente trabalho nos permitiu escrever um artigo que foi aceito e exposto, na forma de pôster, no Simpósio Nacional do Ensino da Física realizado no Rio de Janeiro, no mês de janeiro de 2005.

Do que foi exposto no presente trabalho podemos concluir que:

- Identificamos, inicialmente entre alunos, um equilíbrio entre as visões aristotélica e galilaica, sobre a necessidade ou não de uma força para o MRU, equilíbrio esse representado numericamente por nove alunos do conjunto Aristóteles e do conjunto Galileu.

- Após a intervenção didática, houve revisão na estrutura cognitiva dos estudantes, em que 07 (sete) alunos que, anteriormente, pensavam aristotelicamente passaram a pensar, segundo as idéias de Galileu, que em termos percentuais equivale a 39%, número esse bastante considerável e indicativo de que o CEK contribuiu em muito para que tal fato ocorresse.

- Todos os momentos do CEK foram importantes e contribuíram de modo eficiente para que o objetivo fosse alcançado, ressaltando que a fase que mais despertou a atenção dos alunos foi o Encontro, por causa da participação individual dos estudantes na construção, manipulação e demonstração do experimento. Além disso, o CEK tornou-se viável para revisar conceitos, sendo aplicável à Física.

- A revisão construtiva, na estrutura cognitiva dos alunos, do pensamento aristotélico para o pensamento galilaico foi alcançada, devido em muito, às atividades desenvolvidas nos momentos do Ciclo da Experiência Kellyana.

As minhas perspectivas ao final deste trabalho são:

- a. Prosseguir as pesquisas, utilizando o CEK como ferramenta metodológica para o ensino da 3ª lei de Newton, entre alunos da 8ª série do ensino fundamental ou do 1º ano do EM.

b. Ampliar a pesquisa para disciplina de matemática, entre alunos da 5ª série do ensino fundamental, utilizando o CEK como metodologia, para o ensino do evento comparação de números, com o construto desigualdade numérica e seus pólos maior que ou menor que.

c. Aplicar o CEK numa turma de alunos do turno matutino, que se supõe que não trabalhem ou não tenham obrigação de sustento do lar, para comparação de resultados com os alunos do turno noturno, particularmente, do momento do investimento de modo a responder a indagação da página 69.

Esse trabalho abre possibilidades que outros estudiosos prossigam as pesquisas sobre o assunto, no que diz respeito a:

- *Utilização de outros corolários, como por exemplo, os corolários da fragmentação e da sociabilidade da TCP de George Kelly, para pesquisa envolvendo conflito cognitivo entre as idéias formais dos professores e os conhecimentos que os alunos possuem ou que foram buscar no investimento.*

- *Utilização do Teste do Repertório de Construtos de Papel (REP), como instrumento de mensuração para avaliar e obter os construtos ou os sistemas de construtos de aluno nos eventos das disciplinas do seu contexto educacional.*

E, finalmente, o trabalho nos permitiu sugestões de pesquisas, tais como:

Aplicação do questionário em toda rede de ensino da área urbana e metropolitana do Grande Recife, por ocasião do início do ano letivo para alunos de 1ª a 4ª e de 5ª a 8ª séries do ensino fundamental e do ensino médio com a finalidade de pesquisar, em números estatísticos, se a concepção aristotélica é maioria ou não entre os estudantes.

Aproveitando os dados acima, e caso a maioria dos estudantes pensasse aristotelicamente, desenvolver uma pesquisa para verificar se tal fato não seria um obstáculo difícil e considerável para fazer a revisão conceitual para as idéias de Galileu.

Utilização do CEK, como instrumento metodológico aplicável a outras disciplinas, tais como a Química, Biologia, Matemática, desde que seus respectivos conteúdos programáticos possam ser desenvolvidos segundo as atividades específicas de cada momento do Ciclo, e se identificados os construtos básicos dos alunos.

Referências

BASTOS, Heloisa F. B. N. (1992) **Changing teachers'practice**: towards a constructivist methodology of physics teaching. Tese de doutorado, University of Surrey, Inglaterra, 1992.

BASTOS, Heloisa F. B. N. **A teoria do construto pessoal**. Texto mimeografado. Departamento de Educação. UFRPE, 1998.

BEN-DOV, Yoav. **Convite à física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1996.

BEZERRA, Geni Barbosa. **Investigando o desenvolvimento do princípio de interdependência entre os elementos da biosfera, com alunos do ensino fundamental**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, 2005.

BONJORNO, Regina Azenha. **Temas de Física 1: Mecânica**._ São Paulo: FTD, 1997.

CHIQUETTO, Marcos José. **Aprendendo física, 2º grau**. São Paulo: Scipione, 1996.

CLONINGER, Susan C. **Teorias da personalidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

EISBERG, Robert M. **Física** : Fundamentos e aplicações. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.

FIGUEIREDO, Aníbal e PIETROCOLA, Maurício. **Um olhar para os movimentos**. São Paulo: FTD, 1998.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17ª Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GALILEI, G. **Duas novas ciências**. São Paulo : Nova Stella Editorial, 1998.

GOWDAK, Demétrio. **Ciências Natureza e vida** / Demétrio Gowdak, Eduardo Martins. – São Paulo: FTD, 1996.

HOUAISS, Antônio. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2003.

KELLY, G. A. A brief introduction to personal construct theory. In Bannister, D. (ed) **Perspectives in personal construct theory**. London: Academic Press, pp. 1-29, 1970.

KELLY, G. A. **The psychology of personal constructs**. vols 1 e 2. New York: Norton, 1955.

KELLY, G. A. **Theory of Personality** - The psychology of personal constructs. New York: Norton, 1963, 194 p.

MÁXIMO, Antonio. **Curso de Física**. São Paulo: Scipione, 1997.

MORAES, Arthur M. e MORAES, Itamar J. A avaliação conceitual de força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol 22, nº 2, junho, 2000.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MINGUET, Pilar Aznar. **A construção do conhecimento na educação**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

NARDI, Roberto. **Pesquisas em ensino de Física**. São Paulo: Escrituras Editora, 2001.

NETO, Ernesto Rosa. **Didática da Matemática**. São Paulo: Editora Ática, 2001.

NUSSENZVEIG, Herch Moisés. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Edgar Blücher, 1981.

OLIVEIRA, Maria Marly. **Como fazer projetos, relatórios, monografias, dissertações e teses**. Recife: Edições Bagaço, 2003.

PCN+Ensino Médio. **Orientações educacionais complementares aos Parâmetros curriculares nacionais**. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

PARANÁ, Djalma Nunes. **Física..** São Paulo: Editora Ática, 2000. (Série Novo Ensino Médio).

PEDUZZI, Luiz O.Q. **Física aristotélica**: por que não considerá-la no ensino da Mecânica / Luiz O.Q. Peduzzi. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Vol 13, nº 1, abril, 1996.

POPE, M. **Constructivist goggles**: implications for process in teaching and learning. Paper apresentado na BERA Conference, Sheffield, UK, Agosto, 1985.

RAMALHO JÚNIOR, Francisco. **Os fundamentos da Física**. vol 1. São Paulo: editora Moderna, 1999.

REGO, Teresa Cristina. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis: Vozes, 1998.

RODRIGUES, Gizella Menezes. **A abordagem do conceito de energia através de experimentos de caráter investigativo, numa perspectiva integradora.**

Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, 2005.

SCHULTZ, Duane. **Teorias da personalidade.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

SILVA JÚNIOR, César da. **Ciências: entendendo a natureza: a matéria e a energia: 8ª série. – 15. ed. – São Paulo: Saraiva, 1998.**

TAVARES, J.; ALARCÃO, I. **Psicologia do desenvolvimento e da aprendizagem.** Coimbra: Livraria Almedina, 1985.

VALADARES, Eduardo de Campos. **Física mais que divertida: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo.** Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

Anexo 01

Convite Participação

CONVITE DE PARTICIPAÇÃO

Prezado(a) Senhor(a)

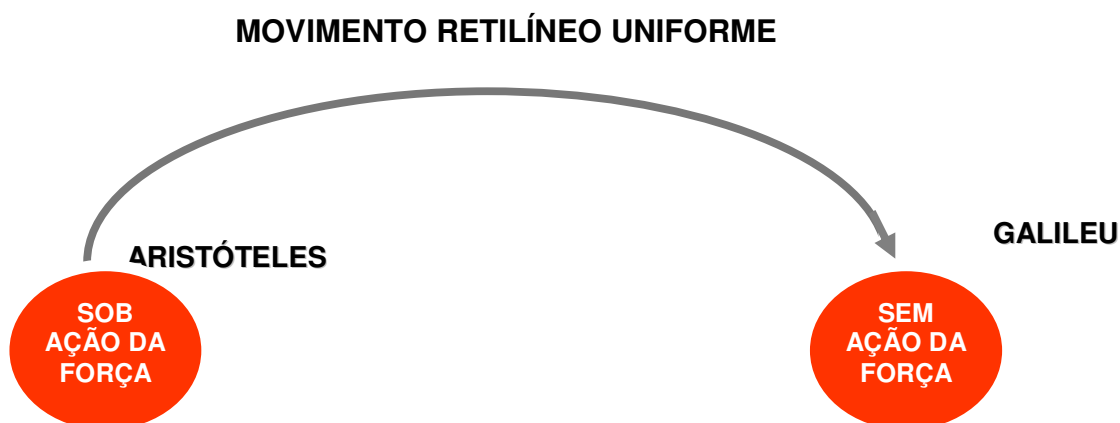
Venho, através deste, mui gentilmente, convidar V.Sa para participar da apresentação do Projeto de Dissertação do curso de mestrado de “Ensino das Ciências” da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Essa sua participação será como uma viagem ao longo do túnel do tempo, abrangendo o período grego do início da Física, em que se pontificou Aristóteles até o século XVII, da Física de Galileu, sábio italiano. Essa viagem terá como

panorama o movimento retilíneo uniforme (MRU), do ponto de vista aristotélico e do ponto de vista de galileano.

A pesquisa tem como tema: “A revisão construtiva na concepção de movimento retilíneo uniforme, da aristotélica para a galilaica, entre alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola pública”.

Fazer a revisão na estrutura cognitiva dos alunos da concepção de MRU sob a ação de uma força para a concepção de Galileu é a temática do presente Projeto, que pretende responder à indagação: Como promover entre alunos do 1º ano do ensino de uma escola pública, a revisão do pensamento aristotélico para o de Galileu?



Para conseguir tal mudança pretende a presente pesquisa desenvolver atividades fundamentadas no Ciclo da Experiência Kellyana (CEK) que faz parte da Teoria dos Construtos Pessoais (TCP) de George A. Kelly (1955).

Dessa maneira, pretende-se chegar ao final da viagem, com a consciência tranqüila do dever cumprido, de forma honesta e colaborativa.

Aproveito, desde já, para externar os meus agradecimentos pela sua valiosa e importante colaboração no Projeto, certo de que, a presente pesquisa em muito irá beneficiar a nós, nossos filhos e netos no processo educacional do ensino-aprendizagem.

Eu tenho a plena convicção de que é somente através da educação, que este País irá se desenvolver e prestar uma melhor qualidade de vida aos seus cidadãos. Muito obrigado e felicidades.

LAURENTINO GONÇALVES DA ROCHA
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Anexo 02

Questionários dos Pré e Pós-Testes

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

Escola: _____ Data: ____/____/____

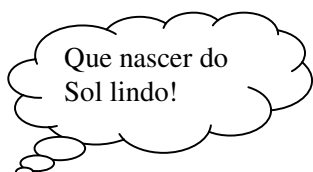
Nome do aluno(a): _____ Tu: _____

Questionário: **Pré-teste e Pós-teste**

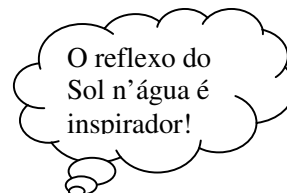
1ª questão

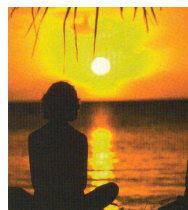
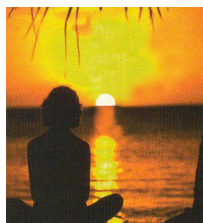
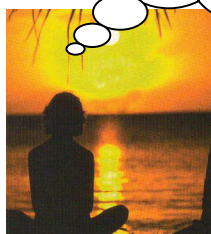
As figuras seqüenciadas abaixo representam o cenário de uma pessoa sentada na sua casa de raia observando o nascer do Sol. A pessoa na casa de praia representa a Terra.

1ª

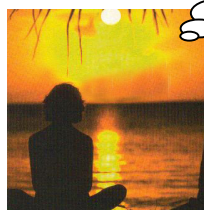


2ª



3^a

Ôxente! Agora me bateu uma dúvida? Entre o Sol e a Terra ...

4^a

Quem será que está se movendo?

Seria correto a pessoa afirmar que a Terra está parada e o Sol em movimento? Marque com um X a resposta correta:

- a. Sim b. Não

Explique o porquê da sua resposta.

2^a Questão

Uma pessoa está andando de bicicleta numa estrada reta horizontal. Depois de um certo tempo, ela pára de pedalar a bicicleta. Pergunta: O que acontece com a bicicleta, após a pessoa parar de pedalar? Marque com um X a resposta correta.

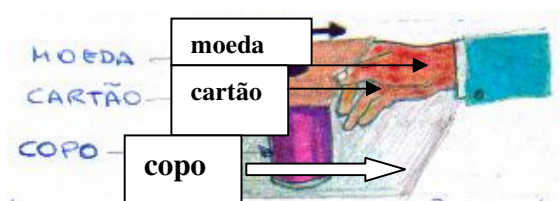
- a. a bicicleta continua se movimentando durante um certo tempo.

- b. a bicicleta pára imediatamente.

Explique o porquê da sua resposta:

3ª Questão

A figura abaixo é a de uma moeda em cima de um cartão, que por sua vez, está sobre o copo.



Vejam duas situações:

1ª) Puxando lentamente o cartão, o que acontecerá com a moeda? Marque abaixo com um X, a resposta que você achar correta:

- a. A moeda cairá no copo.
 b. A moeda vem junto com o cartão.

Explique o porquê da sua resposta:

4ª questão

Um ônibus se movimenta com velocidade constante numa estrada reta e horizontal, quando, de repente, o motorista freia bruscamente. Em relação ao ônibus, o que acontece com um passageiro que está em pé, lendo um jornal. Marque com um X a resposta correta.

- a. O passageiro tem a tendência de ser lançado para trás.
 b. O passageiro tem a tendência de ser lançado para frente.
 c. O passageiro continua em pé lendo o jornal.

Explique o porquê da sua resposta.

5ª Questão

Um motorista com cinto de segurança encontra-se num carro parado, aguardando o sinal abrir. De repente, um outro veículo vem por trás e lhe dá uma violenta batida. Dentro deste contexto, assinale abaixo, qual dispositivo de segurança é o único indicado para proteger o motorista, imediatamente após o choque:

() cinto de segurança.

() encosto de cabeça

Explique o porquê da sua resposta:

6ª Questão

Com a ponta do dedo, você põe um livro em movimento, empurrando-o sobre uma mesa plana e nivelada. O livro percorre uma certa distância e pára. Ai faz-se um polimento mais acurado do tampo da mesa e você empurra, novamente, o livro. Observa que o livro vai percorrer uma distância maior que a anterior. São feitas diversas tentativas, sempre polindo mais. E, cada vez mais, as distâncias vão aumentando. Suponha uma superfície do tampo da mesa perfeitamente lisa, sem atrito e de tamanho infinito. Dentro deste contexto, ao empurrarmos o livro, o que acontecerá com o mesmo? Marque com um X a resposta que você acha correta.

a. O livro irá se movimentar infinitamente.

b. O livro novamente irá parar.

Explique o porquê da sua resposta

A educação não muda o mundo. A educação muda as pessoas e as pessoas mudam o mundo (PAULO FREIRE).

Muito obrigado pela colaboração e felicidades!!

Anexo 03

**Levantamento do perfil sócio-econômico
e
Resultados**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
Perfil Sócio-Econômico do Aluno

Escola: _____

Nome: _____

Série: _____ Ensino: _____ Turno: _____

1. Idade

1.2. Menos de 15 anos Entre 15 e 20 anos Entre 21 e 25 anos

Entre 26 e 30 anos Entre 31 e 35 anos Acima de 35 anos

2. Moradia / Residência

2.1. Endereço residencial

(Rua, Av) _____ Nº: _____

(Aptº, bloco) _____ Bairro _____

Cidade: _____ Sigla do Estado: _____

2.2. A casa é própria? Sim Não

2.3. Se for alugada, o valor do aluguel é:

Menos que R\$ 100,00 Entre R\$ 100,00 e R\$ 200,00 Mais que R\$ 200,00

2.4. Mora com:

Marido / Esposa Companheiro (a)	Pai / Mãe	Padastro / Madastra	Sogros
Apenas Pai	Apenas Mãe	Outros	

2.5. Marque abaixo os cômodos que existem na sua residência:

a. Banheiro: 0 1 2 mais de 2 b. Quartos: 0 1 2 mais de 2

c. Sala 0 1 mais de 1 d. Cozinha 0 1 mais de 1

2.6. Aparelhos eletro-eletrônicos existentes:

TV: 0 1 2 mais de 2 Rádio AM/FM: 0 1 2 mais de 2

Vídeo 0 1 2 mais de 2 DVD 0 1 2 mais de 2

Telefone fixo: 0 1 2 mais de 2 Telefone celular: 0 1 2 mais de 2

3. Situação familiar

3.1. Casado (a), companheiro(a) Sim Não 3.2. Tem filhos Sim Não

3.3. Quantos filhos: Mais de 3

4. Trabalho

4.1. Trabalha ou tem emprego? Sim Não

4.2. No caso de trabalhar, tem carteira assinada? Sim Não

Empresa em que trabalha: _____

4.3. Função: _____

4.4. Renda familiar:

Menos que um salário-mínimo	<input type="text"/>
--------------------------------	----------------------

Entre 1 e 3 salários-mínimos	<input type="text"/>
---------------------------------	----------------------

Mais que 3 salários-mínimos	<input type="text"/>
--------------------------------	----------------------

5. Cultural

5.1. Próximo a sua casa tem biblioteca? Sim Não

Em caso positivo, ela é

Estadual	<input type="text"/>
----------	----------------------

Municipal	<input type="text"/>
-----------	----------------------

Particular	<input type="text"/>
------------	----------------------

5.2. Os professores de sua escola costumam passar trabalho que exigem pesquisa na biblioteca? Sim Não

5.3. Você costuma ir para a biblioteca para leituras diversas? Sim Não

5.4. Qual a leitura que você mais gosta?

Histórias em quadrinhos

Policial, romance

Jornal

Revistas

Outras

5.5. Você tem acesso a computador? Sim Não

5.6. Em caso positivo, possui acesso à Internet? Sim Não

5.7. Na sua escola tem computador? Sim Não

Em caso positivo, tem acesso à Internet? Sim Não

6. Você é repetente em alguma série? Sim Não

6.1. Em caso positivo, que série?

“A educação não muda o mundo. A educação muda as pessoas e as pessoas mudam o mundo”. (PAULO FREIRE).

Dados do Levantamento do Perfil Sócio-econômico

Idade	15-20	21-25	26-30	31-35	Não info	Observações
	30%	42%	18%	5%	5%	
Aparelhos eletrônicos existentes	*TV	*Rádio	*Fone Fixo	*Celular	*Vídeo	* possuem pelo menos um.
	100%	100%	65%	59%	59%	
Renda familiar	Menos que 1 SM	[1-3] SM	Mais que 3 SM	Não info	SM= salário-mínimo info = informou	
	30%	42%	5%	23%		
Situação familiar/ Trabalho	Casado	Tem filhos	Trabalha		Não trabalha	
	42%	53%	60%		40%	
Cultural	Leitura que mais gosta	Tem biblioteca perto de casa	Tem acesso a computador	Tem acesso à internet	É repetente.	Obs
	Jornal = 30%	71%	59%	47%	47%	

Anexo 04

Estudo – Piloto
Questionário

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

Escola: _____ Data: ____/____/____

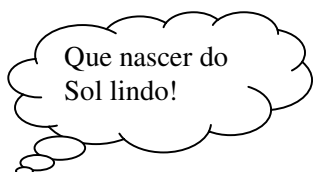
Nome do aluno(a): _____ Tu: _____

QUESTIONÁRIO - ESTUDO-PILOTO

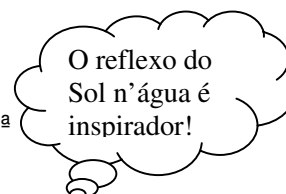
1ª questão

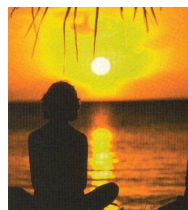
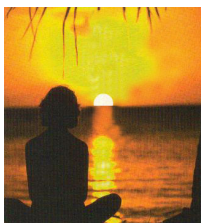
As figuras seqüenciadas abaixo representam o cenário de uma pessoa sentada na sua casa de raia observando o nascer do Sol. A pessoa na casa de praia representa a Terra.

1ª



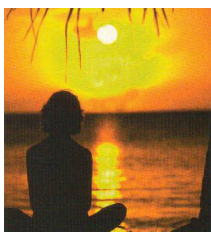
2ª





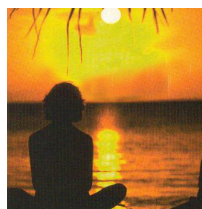
Ôxente! Agora me bateu uma dúvida? Entre o Sol e a Terra ...

3ª



Quem será que está se movendo?

4ª



Seria correto a pessoa afirmar que a Terra está parada e o Sol em movimento? Marque com um X a resposta correta:

- a. Sim b. Não

Explique o porquê da sua resposta.

2ª Questão

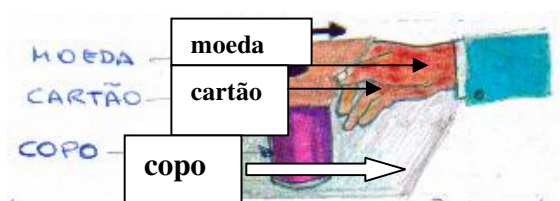
Uma pessoa está andando de bicicleta numa estrada reta horizontal. Depois de um certo tempo, ela pára de pedalar a bicicleta. Pergunta: O que acontece com a bicicleta, após a pessoa parar de pedalar? Marque com um X a resposta correta.

- a. a bicicleta continua se movimentando durante um certo tempo.
- b. a bicicleta pára imediatamente.

Explique o porquê da sua resposta:

3ª Questão

A figura abaixo é a de uma moeda em cima de um cartão, que por sua vez, está sobre o copo.



Vejam duas situações:

1ª) Puxando lentamente o cartão, o que acontecerá com a moeda? Marque abaixo com um X, a resposta que você achar correta:

- a. A moeda cairá no copo.
b. A moeda vem junto com o cartão.

Explique o porquê da sua resposta:

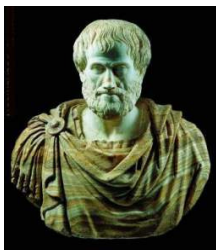
2ª) Puxando bruscamente o cartão, o que acontecerá com a moeda?

- a. A moeda cairá no copo.
b. A moeda vem junto com o cartão.

Explique o porquê da sua resposta:

4ª questão

Assinale com X, no espaço entre parênteses, a alternativa correta. A afirmação “Um corpo só pode permanecer em movimento se existir uma força atuando sobre ele” é o pensamento de:



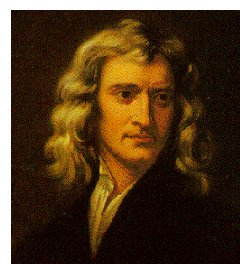
Aristóteles (384 – 322 a.C)
Filósofo grego foi considerado um dos maiores pensadores de todos os tempos. Seus estudos enveredaram pela psicologia, lógica, a moral, ciência política, a biologia e etc. Seus ensinamentos foram a base da Filosofia e da Ciência até o século XVII. Acreditava que a Terra era o centro do Universo com o Sol, a Lua, os planetas e as estrelas se deslocando em órbitas circulares, à sua volta. Dizia que os movimentos ou eram naturais ou “violentos”. As coisas eram constituídas de 4 elementos: terra, água, fogo e ar.



Copérnico (1473 – 1543)
Padre polonês, gênio matemático e astrônomo foi um dos grandes revolucionários da ciência. Ele propôs o modelo astronômico do heliocentrismo, ou seja, o Sol era o centro Universo e a Terra e os planetas se deslocavam em órbitas concêntricas e circulares à sua volta. Ele dizia que a revolução diária da Terra se devia ao giro sobre seu próprio eixo, enquanto que o movimento anual resultava da Terra e dos planetas circularem ao redor do Sol. A sua obra foi comprovada por grandes astrônomos e matemáticos, tais como Galileu, Kepler e Newton. É considerado o pai da astronomia moderna.



Galileu Galilei (1564 – 1642)
Físico e astrônomo italiano fundamentava suas conclusões em experiências e observações cuidadosas, aliadas a um raciocínio lógico. É considerado o introdutor do método experimental. Construiu o primeiro telescópio para utilização em observações astronômicas. Descobriu 4 satélites que giravam em torno de Júpiter, contrariando a idéia aristotélica de que todos os astros deveriam girar em torno da Terra. Estudando a queda dos corpos através de experiências e medidas precisas, concluiu que abandonados de uma mesma altura, um corpo leve e um corpo pesado caem simultaneamente, atingindo o chão no mesmo tempo.



Isaac Newton (1642 – 1727)
Cientista, matemático, filósofo inglês desenvolveu a teoria de como os corpos se movem no espaço e no tempo, analisando-os matematicamente. Elaborou a lei da gravitação universal segundo a qual cada corpo no universo é atraído por todo e qualquer outro corpo, por uma força tanto mais intensa quanto maiores forem os corpos e mais próximos estejam uns dos outros. Elaborou, também, três leis, conhecidas como o princípio da inércia, princípio fundamental da Dinâmica e Princípio da ação e reação.

5ª questão

Um ônibus se movimenta com velocidade constante numa estrada reta e horizontal, quando, de repente, o motorista freia bruscamente. **Em relação ao ônibus**, o que acontece com um passageiro que está em pé, lendo um jornal. Marque com um X a resposta correta.

- a. O passageiro tem a tendência de ser lançado para trás.
- b. O passageiro tem a tendência de ser lançado para frente.
- c. O passageiro continua em pé lendo o jornal.

Explique o porquê da sua resposta.

6ª questão

Um caderno encontra-se sobre uma mesa. Com a ponta do dedo indicador você empurra o caderno e depois de uma certa distância, você deixa de empurrá-lo, soltando-o. O que acontece com o caderno? Marque com um X a resposta que você achar correta:

- a. O caderno pára.
- b. O caderno continua se movimentando podendo até cair da mesa.

Explique o porquê da sua resposta:

7ª Questão

Um motorista com cinto de segurança encontra-se num carro parado, aguardando o sinal abrir. De repente, um outro veículo vem por trás e lhe dá uma violenta batida. Dentro deste contexto, assinale abaixo, qual dispositivo de segurança é o único indicado para proteger o motorista, imediatamente após o choque:

- () cinto de segurança.
- () encosto de cabeça

Explique o porquê da sua resposta:

8ª Questão

Com a ponta do dedo, você põe um livro em movimento, empurrando-o sobre uma mesa plana e nivelada. O livro percorre uma certa distância e pára. Ai faz-se um polimento mais acurado do tampo da mesa e você empurra, novamente, o livro. Observa que o livro vai percorrer uma distância maior que a anterior. São feitas diversas tentativas, sempre polindo mais. E, cada vez mais, as distâncias vão aumentando. Suponha uma superfície do tampo da mesa perfeitamente lisa, sem atrito e de tamanho infinito. Dentro deste contexto, ao empurrarmos o livro, o que acontecerá com o mesmo? Marque com um X a resposta que você acha correta.

a. O livro irá se movimentar infinitamente.

b. O livro novamente irá parar.

Explique o porquê da sua resposta

A educação não muda o mundo. A educação muda as pessoas e as pessoas mudam o mundo. (PAULO FREIRE)

Muito obrigado pela colaboração e felicidades!!!

Anexo 05

Plano de aula do momento da Antecipação

PLANO DE AULA DO MOMENTO DA ANTECIPAÇÃO

Escola: Estadual Governador Carlos de Lima Cavalcanti – Recife- PE

Série: 1º ano do ensino médio – noturno

Disciplina: Física

Duração: 80 minutos

Assunto: Revisão de conceitos básico de cinemática e dinâmica.

Momento do CEK: Antecipação.

Objetivo geral: Revisar os conceitos básicos de cinemática e dinâmica necessários ao entendimento do Movimento Retilíneo Uniforme.
Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none"> • Conceituar ponto material, • Entender movimento e repouso. • Conceituar MRU. • Compreender o que seja força e atrito.
Conteúdo programático: <ul style="list-style-type: none"> • Cinemática: ponto material, trajetória, referencial, deslocamento e distância percorrida. MRU. • Dinâmica: Força, Atrito.
Metodologia: Aula expositiva; exposição de cartazes; debates envolvendo questionamentos referentes ao tema.
Recursos: Quadro, giz, cartolinas.
Avaliação: Observação e participação nos debates.

Bibliografia:

BONJORNO, Regina Azenha. **Temas de Física 1: Mecânica.**_ São Paulo: FTD, 1997.

GONÇALVES FILHO, Aurélio. **Física para o ensino médio:** volume único. São Paulo: Scipione, 2002.

MÁXIMO, Antonio. **Curso de Física:** vol. 1. – São Paulo: Scipione, 1997.

Anexo 06

Plano de aula do momento do Encontro

PLANO DE AULA DO MOMENTO DO ENCONTRO

Escola: Estadual Governador Carlos de Lima Cavalcanti – Recife- PE

Série: 1º ano do ensino médio – noturno

Disciplina: Física

Duração: 80 minutos

Assunto: MRU segundo a concepção de Aristóteles e de Galileu.

Momento do CEK: Encontro com o acontecimento.

Objetivo geral: Estudar o MRU, segundo as concepções de Aristóteles e de Galileu.
Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none"> • Biografias resumidas de Aristóteles e de Galileu. • Compreender o MRU segundo a visão aristotélica e galilaica. • Entender as diferenças entre as duas concepções. • Relacionar o MRU no cotidiano do aluno.
Conteúdo programático: <ul style="list-style-type: none"> • Biografias de Aristóteles e Galileu. • História da Física: MRU e as concepções de Aristóteles e de Galileu e suas diferenças. • MRU no cotidiano do aluno.
Metodologia: Aula expositiva com prática do experimento do disco de vinil, distribuído um para cada aluno. Debates sobre o assunto ministrado.
Recursos: Quadro. Giz. 5 (cinco) cartolinas. Experimento do disco de vinil. 20 (vinte) discos de vinil. 50 (cinqüenta balões) balões.
Avaliação: Observação, participação nos debates e registro das respostas do

questionário de final de aula.

Bibliografia:

GONÇALVES FILHO, Aurélio. **Física para o ensino médio**: volume único. São Paulo: Scipione, 2002.

MÁXIMO, Antonio. **Curso de Física**: vol. 1. – São Paulo: Scipione, 1997.

VALADARES, Eduardo de Campos. **Física mais que divertida**: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

Anexo 07

Plano de aula do momento da revisão Construtiva

PLANO DE AULA DO MOMENTO DA REVISÃO CONSTRUTIVA

Escola: Estadual Governador Carlos de Lima Cavalcanti – Recife- PE

Série: 1º ano do ensino médio – noturno

Disciplina: Física

Duração: 80 minutos

Assunto: MRU segundo a concepção de Aristóteles e de Galileu.

Momento do CEK: Revisão Construtiva

Objetivo geral: Revisar construtivamente o MRU, segundo as concepções de Aristóteles e de Galileu.
Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none"> • Biografia resumida de Aristóteles e de Galileu. • Compreender o MRU segundo a visão aristotélica e galilaica. • Entender as diferenças entre as duas concepções. • Relacionar o MRU no cotidiano do aluno.
Conteúdo programático: <ul style="list-style-type: none"> • Biografias de Aristóteles e Galileu. • História da Física: MRU e as concepções de Aristóteles e de Galileu e suas diferenças. • MRU no cotidiano do aluno.
Metodologia: Aula expositiva com demonstração do experimento do plano inclinado, Debates sobre o assunto ministrado.
Recursos: Quadro. Giz. 05 (cinco) cartolinas. Experimento do plano inclinado. Areia. 01 (um) carrinho. 02 (duas) tábuas para o plano inclinado.
Avaliação: Observação, participação nos debates e registro das respostas do questionário de final de aula.

Bibliografia:

BONJORNO, Regina Azenha. **Temas de Física 1: Mecânica.**_ São Paulo: FTD, 1997.

GOWDAK, Demétrio. **Ciências natureza e vida.**- São Paulo: FTD, 1996.

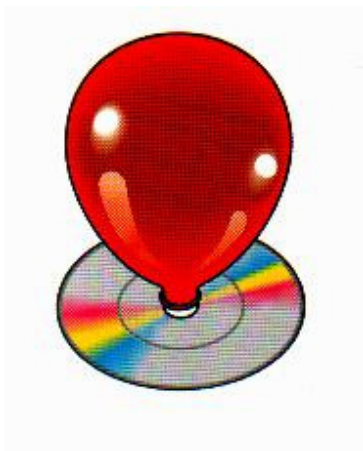
MÁXIMO, Antonio. Curso de Física: vol. 1. – São Paulo: Scipione, 1997.

Anexo 08

**Experimento do disco de vinil para prática em sala de aula,
no momento do Encontro.**

Disco de vinil para o experimento da aula do momento do Encontro

Disco de vinil



a) Material necessário: CD ou disco de vinil, balão de festas, tampa de garrafa pet e supercola (adesivo instantâneo universal).

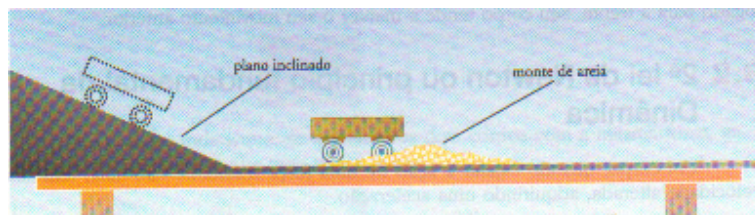
b) Como fazer?

Faça um furo no centro da tampa e fixe-a com a supercola no centro do CD ou do disco. Encha o balão, torça o seu pescoço para o ar não escapar e encaixe a sua boca na tampa. Coloque o disco sobre uma superfície lisa e solte o balão. (VALADARES, 2000. p.47)

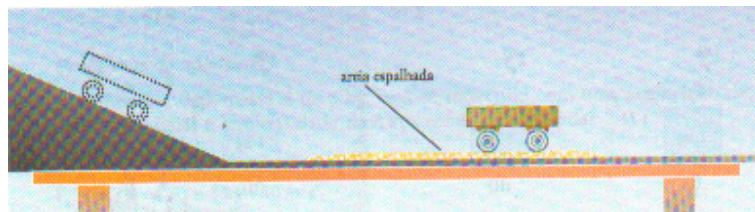
Anexo 09

Experimento do Plano Inclinado para o momento da Revisão construtiva

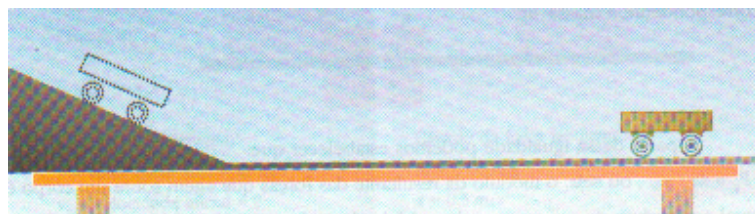
Experimento do plano inclinado para demonstração em sala de aula,
para o momento da revisão construtiva.



1ª etapa: carrinho no plano inclinado rolando e parando no monte de areia que funciona como uma força de atrito.



2ª etapa: carrinho no plano inclinado, com a areia espalhada oferecendo menos resistência e percorrendo uma distância maior.



3ª etapa: carrinho no plano inclinado, sem a areia e, supondo sem atrito nenhum, ele irá se movimentar indefinidamente.

Anexo 10

Registros dos momentos do CEK:

Antecipação

Investimento

Encontro

Confirmação ou Refutação

Revisão Construtiva

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

Escola Estadual: Governador Carlos de Lima Cavalcante

Nome: _____

Série: _____ Ensino: _____ Turno: _____

Registro do momento da **ANTECIPAÇÃO**

1) Diante das informações que você já ouviu, escreva abaixo, o que é que você já sabe e acha que vai ser útil para esse Projeto de Pesquisa.

2) Escreva abaixo, o que é que você acha que vai precisar e que você, ainda não sabe para esse Projeto.

Respostas:

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

Escola Estadual :Governador Carlos de Lima Cavalcante

Nome: _____

Série: 1^a Ensino: médio Turno: noturno Data: ___/___/___

Registro do Momento do **INVESTIMENTO**

1. Você se interessou pelo tema da pesquisa que aborda informações sobre Galileu e Aristóteles e que descreve conhecimentos sobre o movimento retilíneo uniforme (MRU) sob a ação ou não de uma força e sobre o atrito?

Sim

Mais ou menos

Não

2. Entre o nosso último contato e o de hoje, você fez alguma pesquisa?

Sim

Não

Em caso de Sim, que tipo e local de atividade foi realizada a pesquisa:

(1) Conversa entre colegas (2) Conversa com familiares

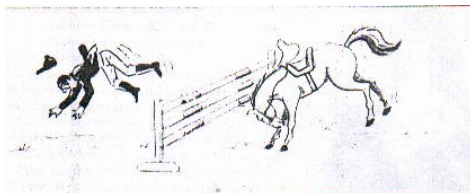
(3) Conversa com professores (4) Biblioteca

(5) TV (6) Rádio (7) Internet Livros ou Revistas

3. Que informações, conhecimentos ou algo novo você descobriu até agora, a respeito dos tópicos abordados no tema da pesquisa? _____

4ª questão

Por que o cavaleiro é jogado para frente quando o cavalo pára bruscamente, recusando-se a pular o obstáculo?



5ª questão

Você está em pé num ônibus parado. De repente o ônibus arranca bruscamente. O que acontece com você? Explique o porquê da sua resposta?

6ª questão

Para que serve o cinto de segurança numa freada brusca ? Explique o porquê de sua resposta.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

Escola Estadual :Governador Carlos de Lima Cavalcante

Nome: _____

Série: _____ Ensino: _____ Turno: _____

Registro do momento da **CONFIRMAÇÃO** ou **REFUTAÇÃO**

Prezado (a) Aluno (a), por gentileza, responda abaixo o seguinte:

1º) Que idéias você tinha sobre o tema ou do assunto da Pesquisa, antes de participar do momento do Encontro (aula propriamente dita em que foi mostrada a experiência com o disco de vinil)?

2º) Que idéias você têm agora depois do momento do Encontro? _____

3º) O que é que você acha que ainda precisa mudar ou que precisa saber? _____

4º) O que é que você acha que já tem certeza ou que já sabe sobre o tema ou o assunto da pesquisa?

Mais uma vez obrigado pela colaboração!!!!

Anexo 11

Artigo remetido ao SNEF

**O ciclo da aprendizagem kellyana e o movimento retilíneo uniforme: de
Aristóteles para Galileu**

Laurentino Gonçalves da Rocha [laurentin0@yahoo.com.br]

Alexandro C.Tenório [tenorio@ufrpe.br]

Heloisa F.B. Nóbrega Bastos [hfbnb@uol.com.br]

**Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências - Universidade Federal
Rural de Pernambuco**

Resumo

Trata o presente artigo da mudança, na estrutura cognitiva dos alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola pública do Recife-PE, da concepção de movimento retilíneo uniforme (MRU) de pensamento aristotélico para o galilaico. Observa-se a dificuldade dos alunos em compreender a existência de movimento sem a ação de uma força motora, uma concepção aristotélica. Neste artigo através de atividades pedagógicas fundamentadas no Ciclo da Experiência Kellyana (CEK), que faz parte da Teoria dos Construtos Pessoais (TCP), proposta por George Kelly (1955), pretendemos argumentar se o CEK é adequado para a desejada mudança cognitiva do pensamento aristotélico para o de Galileu.

Introdução

Na sala de aula, observa-se que os alunos consideram como Aristóteles (382-322 a.C), que para um corpo estar em movimento deve sempre agir uma força (MORAES, 2000). No meio científico, essa concepção perdurou até o século XVII, quando Galileu Galilei (1564-1642), criador do método experimental, em suas experiências, verificou a existência do MRU sem a ação de força (NUSSENZVEIG, 1981). A mudança, na estrutura cognitiva dos alunos, para passar da concepção aristotélica para a galileana é difícil e complexa, porém necessária, pelos seguintes motivos: a) para que saibam que o conhecimento físico se processa num contexto histórico-evolutivo de paradigmas e rupturas; b) para compreenderem conhecimentos físicos mais atuais, como a Mecânica Quântica e a Relativística; c) para se inserirem nos mundos do trabalho, tecnológico e sócio-cultural. Para o professor, também é importante para desenvolver metodologias que facilitem a aprendizagem dos alunos sobre esse tema. Apresentamos aqui os recentes resultados de uma pesquisa, realizada com alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola pública do Recife-PE, que participaram de atividades fundamentadas no CEK de George Kelly (1955), que visa responder à pergunta: Como promover, entre os alunos, a mudança do pensamento aristotélico para o de Galileu?

Teoria dos Construtos Pessoais (TCP)

A TCP considera as pessoas como construtoras do seu conhecimento, processo denominado Alternativismo Construtivo (BASTOS, 1992). Segundo Kelly, “as pessoas compreendem a si mesmas, seus arredores e antecipam eventualidades futuras, construindo modelos tentativos e avaliando-os em relação a critérios

personais, quanto à predição com sucesso e controle de eventos baseados nestes modelos” (POPE, 1985, p. 4, ênfase original). As pessoas agem semelhantemente aos cientistas, desenvolvendo teorias pessoais para compreender e antecipar eventos. Teorias vistas como hipóteses abertas à reconstrução, que ocorre quando a pessoa passa por uma experiência, um ciclo, contendo cinco fases: antecipação, investimento, encontro, confirmação ou desconfirmação e revisão construtiva (KELLY, 1970). Assim, a aprendizagem, segundo a TCP, é resultado das tentativas da pessoa de lidar com suas experiências. Desse modo, o conhecimento é relativo, é construído pessoalmente, de acordo com as experiências, e também é possível mudá-lo por sucessiva experimentação. Além disso, a pessoa é quem toma as decisões, principal responsável por suas idéias e pela mudança nas mesmas (BASTOS,1992). Um aspecto importante é que as hipóteses desenvolvidas, chamadas de construtos, bipolares ou dicotômicos, servem de base para decidir se dois eventos são similares ou não (BASTOS,1992).

Concepção aristotélica do movimento versus a galilaica

Acerca do movimento, Aristóteles concluiu que ele só é possível quando, necessariamente, associado a uma força (PEDUZZI, 1996). Para Aristóteles, todo movimento é uma mudança e como tal, não pode ocorrer sem a ação de uma força motora. Dessa maneira, distinguiu dois tipos de movimentos: o “natural”, resultante da tendência dos elementos que compõem um corpo de atingir seu lugar natural e o “violento”, resultante da ação de forças externas. No século XVII, Galileu, em sua obra “Duas Novas Ciências”, escreveu que “qualquer velocidade, uma vez imprimida a um corpo em movimento, será rigidamente mantida enquanto estiverem removidas as causas externas de aceleração ou retardamento, condição essa que só é encontrada nos planos horizontais; segue-se daí que o movimento em um plano horizontal é perpétuo” (GALILEI, 1998). Galileu concluiu que, sendo possível eliminar completamente o atrito, o corpo se movimentaria indefinidamente sem a ação de uma força, em MRU. Exemplos de tal fato são viagens espaciais, hovercraft e numa situação quase ideal, a patinação no gelo. As visões de Aristóteles e de Galileu, apesar de complexas na suas estruturas fundamentais, se relacionam à TCP, desde que associemos à concepção do aluno de MRU apenas com a aplicação de uma força externa e sem a necessidade desta última aos pólos do construto “sem a ação ou não da força”.

Procedimentos metodológicos

Esse trabalho pretende então, através da aplicação de uma avaliação de 8 questões abertas, com respostas justificadas, identificar em qual pólo os alunos estão posicionados, determinar assim se os alunos possuíam uma concepção aristotélica ou galilaica do movimento, detectar os pontos em que eles apresentam dificuldades e fornecer subsídios para planejar atividades pedagógicas, baseadas no ciclo da experiência de Kelly, que permitam promover a mudança desejada e que constituam uma experiência para os alunos, considerada por Kelly como a própria aprendizagem.

Análise do questionário

O questionário aplicado aos 20 alunos envolvia perguntas contextualizadas referentes à proposta para mudança de concepção que nos permitiu fazer algumas análises. Que a concepção predominante é a aristotélica, conforme se

depreende das respostas. Exemplificando, na 6ª questão, a pergunta era: um caderno encontra-se sobre uma mesa plana e horizontal e com a ponta do dedo indicador empurramos o caderno, soltando-o depois de uma certa distância. O que acontece com o caderno, justifique a resposta? Como exemplo de respostas tivemos “o caderno pára; porque estamos com a força do dedo, então quando tirarem o dedo o caderno pára”, “por que em tudo que a pessoa pára de empurrar, o caderno pára de correr”. Essas respostas foram enquadradas no pólo aristotélico. Outra pergunta dizia: Você põe um livro em movimento empurrando-o sobre uma mesa plana e nivelada. O livro percorre uma certa distância e pára. Aí se faz um polimento acurado e empurra-o novamente com a mesma força. O livro percorre uma distância maior e pára. São feitas várias tentativas e mais polimentos, e as distâncias vão aumentando cada vez mais. Suponhamos o tampo da mesa perfeitamente liso, sem atrito e de tamanho infinito. Dentro deste contexto, empurramos o livro. O que acontecerá com o mesmo? Como algumas respostas, tivemos que: “o livro irá parar por falta de velocidade”, enquadrada também no pólo aristotélico. Outra diz: o livro irá se movimentar infinitamente porque a mesa está lisa”, resposta enquadrada como de pólo galilaico. A análise das respostas nos permitiu planejar atividades, tais como, experimento com secador de cabelo (VALADARES, 2000) e um encenação dialógica sobre o MRU (CHIQUETTO, 1996) o que nos permite sugerir atividades pedagógicas baseadas no CEK, descritas a seguir, e que por certo nos levarão a responder a interrogação do presente trabalho. Uma análise mais detalhada e profunda, juntamente com os resultados da intervenção didática realizada com os alunos bem como a evolução destes serão apresentados num trabalho futuro.

A aula através do Ciclo da Experiência Kellyana (CEK)

Segundo a Teoria dos Construtos Pessoais, a aprendizagem se desenvolve dentro de um ciclo com cinco momentos, formando o CEK: “antecipação do acontecimento, investimento no resultado, encontro com o acontecimento, confirmação ou refutação da hipótese e revisão construtiva” (CLONINGER, 1999, p.427). Sendo a Antecipação do Acontecimento é o momento de pensar e antecipar dos alunos, é a arrumação dos conhecimentos em suas cabeças. As atividades poderiam começar com um convite: participar de uma aula com o tema “concepções sobre MRU de Aristóteles e de Galileu”. Começariam a se questionar sobre seus conhecimentos. Por exemplo: quem é Aristóteles? E Galileu? O professor faria os alunos refletirem sobre os eventos futuros, de modo a compreender o momento do Encontro. Fariam um “balanço cognitivo”, levantariam os conhecimentos que tem e iriam buscar o que não sabem. Essa procura é o Investimento no Resultado, que visa se fundamentarem para o próximo momento, o Encontro com o Acontecimento. Para esse Investimento, propomos a pesquisa na Internet, em bibliotecas, na comunidade, no trabalho, nas conversas com professores, colegas e outras pessoas. O Encontro com o Acontecimento é o evento para o qual se prepararam, é a aula em si. Atividades pedagógicas seriam desenvolvidas que provoquem um choque de idéias entre os conhecimentos científicos com aqueles que trazem, como o experimento com secador de cabelo. Refletiriam sobre suas concepções, as comparariam e as revisariam, se for o caso. Concomitantemente ou após o Encontro, acontece a Confirmação ou Refutação da Hipótese. Caracterizado por uma tomada de decisão e suas

consequências sobre a aceitação ou não dos resultados obtidos durante o encontro. Assim refletem, comparam e revisam ou não as suas previsões. Tal momento ocorre quando das colocações: Professor, pode repetir, por favor? Professor, não foi isso o que eu pensei. O que é isso professor? Desse modo, os alunos confirmam ou refutam as diversas hipóteses relativas ao evento estudado. Na Revisão Construtiva do Sistema de Construtos ocorre o momento em que os alunos sedimentam seus conhecimentos. Atividades pedagógicas que levem os alunos a refletirem, compararem suas idéias e reverem suas concepções. Por exemplo, vídeos que tratem da relação entre a inércia e a segurança no cotidiano ou encenação dialógica sobre o tema que possam provocar o estabelecimento de novas hipóteses. Essas atividades permitiriam aos alunos responderem às perguntas introspectivas: Será que é isso mesmo? Realmente, é ou não é o conceito certo? Ao final da aula, os alunos fariam redações, relatórios, painéis, exposição referentes ao tema da questão, para uma posterior análise.

Considerações finais

Neste trabalho apresentamos a problemática da mudança, na estrutura cognitiva dos alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola da rede pública, da concepção do movimento de Aristóteles para o Galileu e sua relação com a Teoria dos Construtos Pessoais de G. Kelly. Argumentamos que as hipóteses dos alunos acerca do movimento, segundo a TCP podem ser consideradas um construto: "com ou sem força", cujos pólos dicotômicos são a necessidade ou não de uma força para a existência do movimento. Argumento este que ganha força através da análise do questionário aplicado aos estudantes. Focalizadas na existência de forças externas aos corpos em movimento, as respostas permitem concluir que os alunos em sua maioria se encontram no pólo aristotélico "com força" e sugerir o CEK como um método apropriado para provocar a mudança cognitiva do construto bipolar "com ou sem força", sendo aplicável também em qualquer disciplina, como Química, Biologia e outras, se identificados os construtos bipolares básicos dos alunos.

Referências bibliográficas

- BASTOS, Heloisa F. B. N. . Changing teachers'praticice: towards a constructivist methodology of physics teaching. Tese de doutorado. University of Surrey, Inglaterra, 1992.
- CHIQUETTO, Marcos José. Aprendendo física, 2º grau: livro do professor / Marcos José Chiquetto, Bárbara Valentim, Estéfano Pagliari. – São Paulo: Scipione, 1996.
- CLONINGER, Susan C. Teorias da personalidade. Tradução Claudia Berliner. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- GALILEI, G. Duas novas ciências. Tradução de Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda. 2. ed. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins; São Paulo: Nova Stella Editorial, 1998.
- KELLY, G. A. The psychology of personal constructs. vols. 1 e 2. New York: Norton, 1955.
- KELLY, G. A. A brief introduction to personal construct theory. In BANNISTER, D. (ed.) Perspectives in personal construct theory. London: Academic Press, pp. 1-29, 1970.
- MORAES, Arthur M. e MORAES, Itamar J. A avaliação conceitual de força e movimento. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol 22, nº 2, junho, 2000.

NUSSENZVEIG, Herch Moisés, 1933- Curso de física básica / Herch Moisés Nussenzveig.- São Paulo: Edgar Blücher, 1981.

PARANÁ, Djalma N. da S. Física. volume único. série ensino médio. São Paulo: Ática, 2000.

PEDUZZI, Luiz O.Q. Física aristotélica: por que não considerá-la no ensino da Mecânica/ Luiz O.Q. Peduzzi. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Vol. 13, nº 1, abril, 1996.

POPE, M. Constructivist goggles: implications for process in teaching and learning. Paper apresentado na BERA Conference, Sheffield, UK, Agosto, 1985.

VALADARES, Eduardo de Campos. Física mais que divertida: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo / Eduardo de Campos Valadares. – Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

Anexo

Artigo para envio para Revista

**O CICLO DA EXPERIÊNCIA KELLYANA COMO NOVO PROCESSO
METODOLÓGICO PARA O ENSINO DO MOVIMENTO RETILÍNEO
UNIFORME: DO PENSAMENTO ARISTOTÉLICO PARA O PENSAMENTO
GALILEANO.**

**The Kelly's Experience Cycle as a new methodology process to teaching uniform
rectilinear motion: from the aristotelian thinking to the galilean thinking.**

Laurentino Gonçalves da Rocha

Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências-Universidade Federal Rural de
Pernambuco
rentino@ig.com.br

Alexandro Cardoso Tenório

Helaine Sivini Ferreira

Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos

Departamento de Educação-Universidade Federal Rural de Pernambuco

Resumo

Neste trabalho, pretende propor a contribuição do Ciclo da Experiência Kellyana (CEK), parte integrante da Teoria dos Construtos Pessoais (TCP) de George Kelly, como instrumento metodológico, para minimizar a dificuldade dos alunos em compreender a existência de movimento sem a ação de força, uma concepção galileana e responder à seguinte temática: Como o CEK pode contribuir para revisar construtivamente o Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), do pensamento aristotélico para o galileano, entre alunos do 1º ano do EM? Neste artigo através de atividades metodológicas baseadas no CEK pretendemos argumentar se o Ciclo da Experiência Kellyana pode contribuir adequadamente para a desejada revisão construtiva do pensamento aristotélico para o pensamento galileano.

Palavras-chave: ciclo da experiência kellyana; Teoria dos Construtos Pessoais; revisão construtiva.

Abstract

In this work, we intend to propose an contribution of the kelly's experience cycle (KEC) that is a part of George Kelly's Personal Constructs Theory (PCT), how methodology instrument to reduce of minimum the difficult of students for understand the existence of motion without an action, un galilean's conception and answer this question: How can the KEC contribute about revision construction of uniform rectilinear motion (URM) by aristotelic's for galilean's thoughts between students of high school? In this article through the methodologies activities based on the KEC we intend to argue if the KEC can help us to bring the wishful thinking of constructive revision for the aristotelic thought to galilean thought.

Keywords: kelly's experience cycle; Personal Constructs Theory; revision constructive.

Introdução

No nosso dia-a-dia e, em nossa prática educacional, nos relatos científicos temos observado que as pessoas estão habituadas ao movimento de objetos, das coisas somente quando existe algo, alguma força que as estejam empurrando, lançando ou puxando. Essa idéia era do sábio grego Aristóteles (382-322 a.C) que predominou desde a Antiguidade até o início do século XVII (MORAES, 2000) quando foi modificada por Galileu Galilei (1564-1642), físico italiano, que em suas experiências concretas e idealizadas, mentalmente deduziu a existência do MRU sem a ação de uma força motora (NUSSENZVEIG, 1981). No entanto, a idéia de Aristóteles tem permanecido até hoje no senso comum, sendo observada entre alunos do ensino médio.

Propor a contribuição do CEK, como instrumento metodológico, para revisar construtivamente, na estrutura cognitiva dos estudantes, a concepção de MRU sob ação de uma força para a do movimento sem a ação da força foi a temática da pesquisa, que pretendeu responder à indagação: Como o CEK pode contribuir para revisar construtivamente o MRU, da visão aristotélica para a visão galilaica, entre alunos do 1º ano do EM? Tal mudança de concepção é relevante para os alunos para que saibam que o conhecimento físico se processa num contexto histórico-evolutivo de paradigmas e rupturas; para compreenderem novos conhecimentos físicos, especialmente a Mecânica Relativística e a Quântica e, para se inserirem nos mundos do trabalho, tecnológico e sócio-cultural. Para o professor, também é importante compreender a maneira como essa revisão de concepção se processa a fim de que possa desenvolver metodologia que facilite a aprendizagem dos alunos sobre o tema (PCN+, 2002). Na pesquisa, avaliamos a contribuição dessa metodologia para revisão da concepção aristotélica para a galilaica através do CEK, encontrado na (TCP) de George KELLY (1955).

A teoria dos construtos pessoais e o ciclo da experiência kellyana.

A TCP é uma teoria psicológica que considera as pessoas como construtoras do seu conhecimento, através de um processo denominado *Alternativismo Construtivo* (BASTOS, 1992), segundo o qual “as pessoas compreendem a si mesmas, seus arredores e antecipam eventualidades futuras, construindo modelos tentativos e avaliando-os em relação a critérios pessoais, quanto à predição com sucesso e controle de eventos baseados nestes modelos” (POPE, 1985 apud BASTOS, 1992, p.4). Assim, segundo Kelly, as pessoas se comportam como cientistas, utilizando modelos para prever e controlar os eventos e, também como os cientistas, modificando esses modelos quando eles não conseguem se ajustar à realidade (MOREIRA, 1999).

Esses modelos, ou teorias pessoais, devem ser vistos, segundo Kelly, como hipóteses abertas à reconstrução, que se processa através do Ciclo da Experiência (CEK), que contém cinco fases: antecipação, investimento, encontro, confirmação ou desconfirmação e revisão construtiva (CLONNINGER, 1999).

Concepção aristotélica e galilaica do movimento

Acerca do movimento, Aristóteles concluiu que ele só é possível quando, necessariamente, associado a uma força (PEDUZZI, 1996). Para Aristóteles, todo movimento é uma mudança e como tal, não pode ocorrer sem a ação de uma força motora. Dessa maneira, distinguiu dois tipos de movimentos: o “natural”, resultante da tendência dos elementos que compõem um corpo de atingir seu lugar natural e o “violento”, resultante da ação de forças externas. No século XVII, Galileu, em sua obra “Duas Novas Ciências”, escreveu que “qualquer velocidade, uma vez imprimida a um corpo em movimento, será rigidamente mantida enquanto estiverem removidas as causas externas de aceleração ou retardamento, condição essa que só é encontrada nos planos horizontais; segue-se daí que o movimento em um plano horizontal é perpétuo” (GALILEI, 1998). Galileu concluiu que, sendo possível eliminar completamente o atrito, o corpo se movimentaria indefinidamente sem a ação de uma força, em MRU. Exemplos de tal fato são as viagens espaciais, o hovercraft¹⁹ e numa situação quase ideal, a patinação no gelo.

Metodologia

Esta pesquisa foi realizada com alunos do 1º ano do EM, do período noturno, de uma escola da rede pública estadual localizada em Recife-PE. Eles foram selecionados mediante a aplicação do pré-teste cujo instrumento de coleta de dados, tanto para o pré como para o pós-teste, foi um questionário com 6 questões tipo múltipla escolha nas quais os estudantes expuseram suas idéias e justificaram as respostas. O objetivo desse instrumento era identificar os alunos que possuíam um pensamento aristotélico ou galileano sobre o MRU, descobrir os pontos em que eles apresentavam maiores dificuldades de compreensão do MRU e fornecer subsídios para o planejamento das atividades da intervenção didática (ID), baseadas no CEK que possibilitassem uma revisão de concepção.

Anteriormente ao pré-teste, foi feito um levantamento do perfil sócio-econômico através de um questionário que abordou dados pessoais, situação sócio-econômica e educacional. Estes dados foram importantes porque nos permitiram verificar o contexto ambiental, os aspectos sócio-econômicos e culturais dos alunos que influenciaram na pesquisa. Foi realizado também, um estudo-piloto com uma turma semelhante no contexto ensino público.

Em seguida aplicamos a intervenção didática, baseada nos momentos do CEK, seguida de um pós-teste. A comparação do pré com o pós-teste nos permitiram avaliar as mudanças que ocorreram nas concepções dos alunos e verificar a contribuição dos momentos do CEK para essa revisão cognitiva. A avaliação da contribuição do CEK foi realizada através da análise de questionários específicos para cada momento os quais eram preenchidos pelos alunos ao final dos mesmos ou então, no início do próximo momento.

Os momentos do CEK na sala de aula

¹⁹ Veículo que se eleva e se movimenta sobre um colchão de ar (PARANÁ, 2000, p.65).

A experiência segundo Kelly é a própria aprendizagem que se processa num ciclo constituído de cinco momentos: antecipação dos acontecimentos, investimento no resultado, encontro com o acontecimento, confirmação ou refutação e revisão construtiva.

A antecipação do acontecimento é o momento de pensar e antecipar dos alunos, é a arrumação dos conhecimentos em suas cabeças. Por exemplo, o aluno foi informado que no dia “x” haverá uma aula cujo tema é o “Movimento com ou sem ação de uma força, segunda as concepções de Aristóteles e Galileu”. Começariam a se questionar sobre seus conhecimentos. Por exemplo: quem é Aristóteles? E Galileu? O professor faria os alunos refletirem sobre os eventos futuros, de modo a compreender o momento do Encontro. Fariam um “balanço cognitivo”, levantariam os conhecimentos que tem e os que não sabem, iriam buscar informações para desenvolver esses conhecimentos para o momento do Investimento.

Essa busca de informações que faltam para que o estudante possa se fundamentar para o próximo momento é o investimento que poderá ser feito através de pesquisa na mídia, na internet, em bibliotecas, na comunidade, no trabalho, nas conversas com professores, colegas e outras pessoas, como formas de preparação para o momento do Encontro.

O encontro com o acontecimento é o evento para o qual os alunos se prepararam, é a aula em si. Atividades pedagógicas, tais como o experimento do disco de vinil, poderiam ser desenvolvidas de modo que provoquem um conflito cognitivo, um choque de idéias entre os conhecimentos científicos do professor com os conhecimentos dos alunos, conhecimentos esses desenvolvidos no seu cotidiano mais aqueles que conseguiram, por ocasião do investimento.

A confirmação ou refutação da hipótese é o momento caracterizado por uma tomada de decisão e suas conseqüências sobre a aceitação ou não dos resultados obtidos durante o Encontro. Nesse momento, o aluno validará ou não a sua antecipação ou hipótese sobre o evento. Ocorre concomitantemente ou após o Encontro, podendo ser observado, quando o estudante começa a fazer colocações, tais como: Professor, pode repetir, por favor? Professor, não foi isso o que eu pensei. O que é isso professor? Desse modo, o aluno vai confirmando ou refutando as hipóteses e teorias que considerar válidas ou não acerca do evento estudado.

No momento da revisão construtiva os alunos sedimentam seus conhecimentos. Poderão ser desenvolvidas atividades que levem os alunos a refletirem, compararem suas idéias e reverem suas concepções. Por exemplo, vídeos que tratem da relação entre a inércia e a segurança no cotidiano ou encenação dialógica sobre o tema que possam provocar o estabelecimento de novas hipóteses ou a experiência do plano inclinado de Galileu. Essas atividades permitiriam aos alunos responderem às perguntas introspectivas: Será que é isso mesmo? Realmente, é ou não é o conceito certo? Ao final da aula, os alunos fariam redações, relatórios, painéis, exposição referentes ao tema da questão, para uma posterior análise.

A metodologia da análise dos resultados foi desenvolvida da seguinte maneira: a análise foi feita através de medições da turma. As medições foram feitas antes e após a intervenção didática que nos possibilitou saber que porcentagem de alunos pensava segundo a concepção de Galileu e qual a porcentagem de alunos pensava segundo a concepção aristotélica. Isso nos permitiu verificar a variação em termos percentuais de alunos que revisaram suas concepções e de alunos que permaneceram com as mesmas idéias.

Em seguida, buscamos identificar e entender os fatores pedagógicos e/ou metodológicos que influenciaram a revisão ou a permanência desses alunos em suas concepções. As medições foram iniciadas através da aplicação do pré-teste cujo resultado nos permitiu determinar a temperatura média e dividir a turma em dois conjuntos, assim denominados: Aristóteles e Galileu. O conjunto Aristóteles era constituído de alunos que pensavam segundo a concepção aristotélica e o conjunto Galileu, de alunos que pensavam segundo as concepções galileanas, diante do problema da ação da força no MRU.

A nossa expectativa quanto aos resultados era que a análise do pré-teste nos indicasse que a maioria dos alunos pensava segundo a concepção de Aristóteles (MORAES, 2000). Essa expectativa era justificável pelo fato de que o movimento sob a ação de uma força é fruto da nossa observação sensorial e de fácil exemplificação concreta, enquanto que o movimento sem a ação da força é de difícil visualização e exemplificação, visto que este último ocorre somente em condições laboratoriais de alta complexidade ou quando mentalmente idealizadas. E, quanto à surpresa da metade da turma com concepções próximas de Galileu? Será que a concepção aristotélica já não seria um obstáculo mais difícil de transpor ou mais ultrapassada, como argumentou o aluno XIII, no registro da Antecipação, quando fez a seguinte reflexão: “porque ainda nos ensinam a teoria aristotélica se já foi superada por Galileu”? Ou será que a concepção galileana é fruto da forte educação informal dos estudantes a que estão submetidos pelos meios de comunicação, meios esses, atualmente, de fácil acesso e aquisição, comprovados através do levantamento do perfil sócio-econômico, em que 100% dos alunos dispõem de pelo menos um aparelho de TV ou rádio ou, ainda, de acesso à Internet?

Dando prosseguimento à análise, uma semana após a intervenção didática aplicamos o pós-teste. Mais uma vez, tentamos visualizar, por meio das respostas dos alunos, os dois conjuntos: Aristóteles e Galileu. Depois, comparamos o pós-teste com o pré-teste com a finalidade de verificar se houve revisão na estrutura cognitiva ou variação numérica desses conjuntos. Essa comparação nos permitiu identificar a variação nas concepções aristotélicas e galileanas nos grupos e classificar os alunos em segmentos que revisaram construtivamente suas concepções de Aristóteles para Galileu (Progressão-P) e que permaneceram com suas concepções originais (Fixos ou Resistentes-F).

Esperava-se o surgimento de alunos que revisassem suas concepções de galilaicas para aristotélicas que fariam parte do segmento Regressão-R. Isso não ocorreu, o que nos deixou surpresos. Tal fato, provavelmente ocorreu pela influência do CEK na intervenção didática e pelos conhecimentos que os alunos já possuíam. Conhecimentos esses advindos, possivelmente, da educação informal proporcionada pela mídia eletrônica que, diuturnamente, veicula notícias sobre eventos científicos ligados à Física. Além disso, imagino que essa dificuldade de regressão de Galileu para Aristóteles deriva do fato de que o conceito galileano é um dos princípios que compõe a estrutura conceitual do paradigma galilaico, que veio para substituir o velho paradigma aristotélico. Afinal, a regressão de Galileu para Aristóteles era até possível, mas se isso ocorresse, era um indicativo que a intervenção didática apresentou problemas, ou então quem sabe, se o conceito de Galileu não estava ainda bem apreendido na cabeça dos alunos.

A seguir, procuramos saber quantos alunos passaram de uma classificação para outra e acompanhamos essa movimentação. Nesse acompanhamento buscamos, inicialmente, identificar os fatores pedagógicos ou metodológicos que influenciaram a revisão construtiva dos alunos, através das respostas contidas no questionário. Depois, fizemos o estudo dos registros dos momentos do CEK para também visualizar os fatores citados

acima, que de uma forma ou de outra, influenciaram as revisões cognitivas dos estudantes, enfatizando os momentos do CEK em que houve a progressão ou a permanência das concepções e avaliar a contribuição desses momentos como um novo processo metodológico na revisão do conceito de MRU de sem a ação da força para sob a ação da força.

Resultados e discussão

Os resultados foram oriundos das respostas dos alunos obtidas no pré-teste e no pós-teste.

Classificação das respostas e descrição dos parâmetros

As respostas dos alunos no pré-teste foram enquadradas nas seguintes categorias: alunos com pensamento aristotélico (PA), cuja resposta indicava a compreensão clara e explicitamente da existência do movimento somente sob a ação de uma força; alunos com tendência ao pensamento aristotélico (TPA), cuja resposta indicava a compreensão da existência de movimento sob a ação de uma força; alunos com pensamento galilaico (PG), cuja resposta indicava a compreensão clara e explicitamente a possibilidade de existência de movimento sem ação de uma força; alunos com tendência ao pensamento galilaico (TPG), cuja resposta indicava a compreensão da possibilidade de existência de movimento sem a ação de uma força. e alunos indefinidos (I), respostas com justificativas em branco ou desconexas do contexto do tema.

Assemelhando as respostas dos alunos aos pólos de um construto, imaginamos uma régua numérica que recebeu valores numéricos positivos e negativos cujos valores foram -1,0, -0,5, 0, +0,5 e +1,0. Assim, as respostas dos alunos foram valoradas conforme a régua da figura 11, e estariam associadas à classificação dos alunos definidas no quadro 1.

Exemplificando, a resposta do aluno classificada como do pensamento aristotélico (PA) receberia o valor -1,0. A classificada como tendência ao pensamento aristotélico (TPA) seria atribuída -0,5. O pensamento galilaico (PG), +1,0 e a tendência ao pensamento galilaico (TPG), +0,5. A resposta considerada como indefinida teria o valor 0. Como o questionário tinha 6 questões, o somatório das mesmas fluiria num eixo contínuo bipolar com valores máximos de -6 e +6.

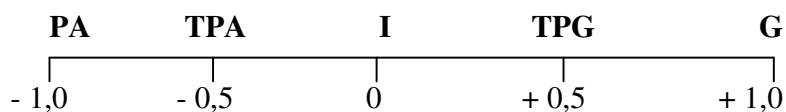


Figura 01: Régua numérica com valores associados à classificação das respostas dos alunos.

A classificação dos alunos seria feita através do somatório das respostas das 6 questões do questionário. Esse somatório variaria num intervalo máximo de -6 ou +6, num eixo, assumindo valores discretos.

Os intervalos de valores ou, como poderíamos chamá-los, faixas de conveniência para classificação e categorização em aristotélico (A), tendência á Aristóteles (TA), galilaico (G), tendência à Galileu (TG) e indefinido (I) para os pré e pós-testes seriam as seguintes:

Faixas de valores	Classificação e Categorização			
$[-6 \text{ a } -3]$	$[-3 \text{ a } 0]$	0	$0 \text{ a } +3$	$+3 \text{ a } +6$
A	TA	I	TG	G

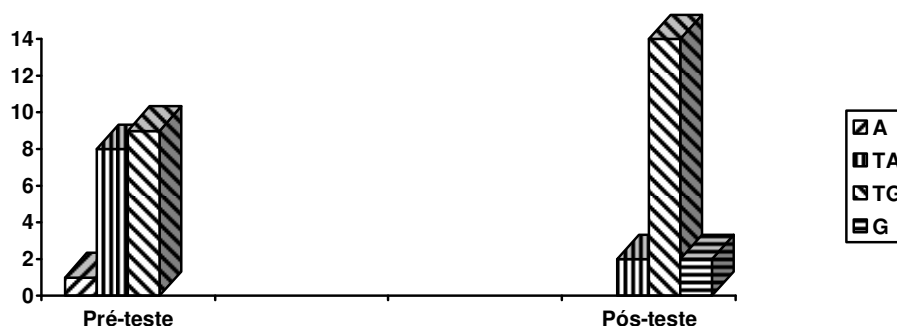
Quadro 1: Faixas de valores numéricos para classificação das respostas dos alunos.

Para um melhor entendimento desse processo, veja como exemplo, as seis respostas do aluno XVII no pré-teste, para podermos classificá-lo.

As respostas das 1ª e 3ª questões foram enquadradas como pensamento aristotélico (PA) e receberam o valor -1,0, conforme estabelecido na régua numérica da figura 01. As 2ª e 6ª questões, enquadradas como TPA, receberam o valor -0,5. A resposta da 4ª questão, enquadrada com PG, recebeu +1. A 5ª questão, no parâmetro da TPG, ficou com +0,5. Calculando o somatório dos valores das respostas dos alunos (-1,0 - 0,5 -1,0 + 1,0 + 0,5 - 0,5 = - 1,5) obtivemos -1,5. Levando esse valor para o quadro 1, pudemos observar que o aluno XVII ficou classificado como possuindo tendência a Aristóteles (TA). Dessa maneira desenvolvemos todo o processo de classificação para o pré-teste bem como para o pós-teste.

Classificação e categorização dos alunos no pré-teste e no pós-teste

A classificação das respostas dos alunos no pré-teste e no pós-teste é apresentada no gráfico 1, abaixo:



O que se denominado Aristóteles, Gráfico 01: Classificação das respostas do pré e do pós-teste. ificados tanto em A quanto em TA, e outro conjunto, Galileu, com tendências à concepção galilaica, (TG), também com 9 (nove) alunos. Ambos espelhavam um equilíbrio, com um percentual de 50% cada um. Assim como uma régua termométrica mede a temperatura de uma pessoa, esperava-se que a “temperatura” da maioria da turma fosse dentro do contexto da visão aristotélica (PCN+, 2002). Isso não ocorreu, quebrando a nossa expectativa. Verificou-se também o não surgimento de alunos classificados em G. Isso era esperado porque as idéias aristotélicas são de fácil constatação no cotidiano dos alunos enquanto que as idéias de Galileu sobre o MRU requerem um raciocínio mais abstrato, contrário às observações práticas do dia-a-dia.

Quanto ao pós-teste, comparando os dados do mesmo com os do pré-teste, verificamos que o grupo TA reduziu de 8 para 2 alunos perfazendo um percentual de 33% de redução, o grupo TG aumentou de 9 para 14 alunos, num percentual de 28% de ampliação e o grupo G, que não existia antes, surgiu com 02 alunos, correspondendo a 11% do total.

Prosseguindo na comparação, observamos que o conjunto Aristóteles formado anteriormente pela soma de A com TA, passou a ser constituído por apenas alunos na categoria TA. Ele reduziu de 9 para 2 alunos, numa queda de 39%, sendo que o grupo A deixou de existir, provavelmente influenciado pela intervenção didática, na qual os alunos revisaram seus conceitos. Por outro lado, o conjunto Galileu, formado apenas por TG no pré-teste, passou a ser constituído também de G. Ele foi de 9 para 16 alunos, perfazendo um aumento de 39% do total.

A queda de 39% no conjunto Aristóteles e o aumento de 39% no conjunto Galileu não é coincidência, pois tendo apenas dois conjuntos, o percentual de queda em um conjunto equivale ao aumento no outro.

Comparação dos conjuntos Aristóteles e Galileu

Na comparação do pré com o pós-teste dos conjuntos Aristóteles e Galileu, obtivemos os seguintes resultados os quais são apresentados no gráfico 3.

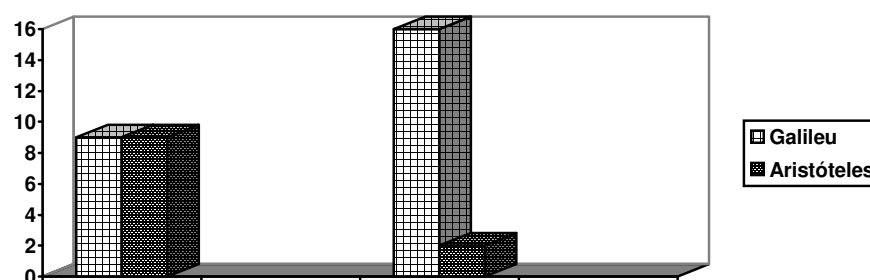


Gráfico 03: Comparação do pré-teste com o pós-teste

Essa comparação nos possibilitou identificar uma variação considerável nas concepções aristotélicas e galileanas dos conjuntos (78%) bem como quantificar e classificar os alunos conforme suas movimentações em a) Segmento de alunos que revisaram construtivamente suas concepções de Aristóteles para Galileu (Progressão-P) e, b) Segmento de alunos que permaneceram com suas concepções originais (Fixos-F).

O segmento de alunos que revisaram construtivamente suas concepções de Aristóteles para Galileu (Progressão-P) apresentou a seguinte movimentação: a) 06 (seis) alunos passaram de TA para TG, perfazendo um percentual de 33%; b) 02 (dois) alunos foram de TG para G, representando 11% e, c) 01 (um) aluno passou de A para TG, perfazendo um percentual de 6%.

O segmento de alunos que permaneceram com suas concepções originais (Fixos-F) teve a seguinte movimentação: a) 07 (sete) alunos permaneceram fixos em TG, perfazendo um percentual de 39% e, b) 02 (dois) alunos permaneceram fixos em TA, representando um percentual de 11%.

Essas diversas movimentações são apresentadas no gráfico 4, conforme enquadramento das respostas em segmentos de alunos que progrediram positivamente (P) e que permaneceram fixos (F), com seus respectivos percentuais.

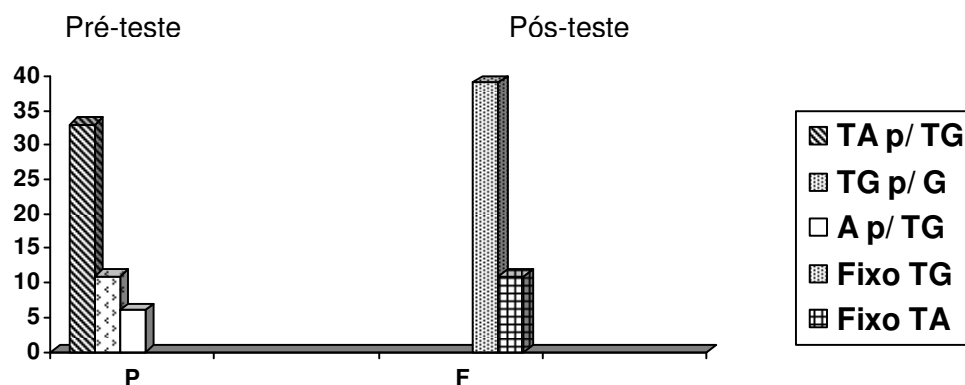


Gráfico 4: Segmentos de alunos fixos e que progrediram.

Pode-se concluir desses dados, que 16 alunos formam o conjunto Galileu e totalizam um percentual de 89%. Apenas dois alunos permaneceram com suas idéias aristotélicas, num percentual de 11%.

Análise dos momentos do CEK

A análise foi feita para avaliar a contribuição do CEK como um novo processo metodológico.

Antecipação

O momento da antecipação do acontecimento teve a participação de 16 (dezesseis) alunos de um total de 18 (dezoito). Desses 16 (dezesseis) estudantes, 9 (nove) eram alunos do segmento que progrediram e 7 (sete), do segmento fixos. A antecipação, como momento de pensar e antecipar dos estudantes, pode ser observado pelo registro das respostas dos questionários, em que se denota conhecimento apreendido na 8ª série do ensino fundamental, como escreve o aluno VII quando é indagado sobre o que já sabe acerca do tema da pesquisa, responde que “até agora o que já sei é sobre o impulso que a pessoa tem que dar em qualquer objeto para ser movimentado”. Nota-se que o aluno VII confunde impulso com força. O aluno XIII, na resposta do que sabe, diz que no “movimento uniforme, a velocidade varia com o tempo”. São respostas oriundas de livros didáticos²⁰ da 8ª série do ensino fundamental, cujo conteúdo programático se subdivide em conhecimentos de Química e de Física.

Outros conhecimentos dos aprendizes, presume-se que os tenham apreendidos no contexto da educação informal, visto que, segundo dados do levantamento do perfil sócio-econômico, a totalidade dos estudantes dispõe de aparelhos de TV ou rádio, que veiculam notícias de eventos científicos. O despertar da curiosidade, a expectativa e a motivação para

²⁰ GOWDAK, Demétrio. Ciências natureza e vida. São Paulo: FTD, 1996.

SILVA JÚNIOR, César. Ciências: entendendo a natureza: a matéria e a energia: 8ª série. São Paulo: Saraiva, 1998.

participação contribuíram para esse momento, como se observa a resposta do aluno XI quando instado a responder o que já sabe ou vai que vai ser útil para o projeto, diz que “acho que vai ser de muita importância para nos deixar mais atualizados e até aprender o que nunca vimos, saber a diferença entre os pensamentos dos grandes gênios” ou , então, quando o aluno VI escreve que “ eu não sei o que vai precisar para esse projeto mas espero que ele traga bons frutos”. São indicativos que os alunos estavam motivados, com expectativas para participação na pesquisa e possuíam conhecimentos aprendidos de séries anteriores ou então, originados da educação informal, que arrumados em suas cabeças, os embasariam para o momento do Encontro. Os conhecimentos que faltaram, os alunos foram buscar no próximo momento do Investimento.

Investimento

O momento do investimento que consiste na busca de conhecimentos que não sabem, teve a participação de 14 alunos, sendo 08 (sete) estudantes do segmento que progrediram e 06 (seis), do segmento fixos. Dos registros dos 06 (seis) alunos do segmento fixos verificou-se que o item 3 do questionário: “Que informações, conhecimentos ou algo novo você descobriu até agora, a respeito dos tópicos abordados no tema da pesquisa?”, foi respondido por apenas 02 (dois) estudantes. Quatro deixaram em branco, demonstrando desinteresse ou desmotivação, provocados possivelmente, pela carência de livros e revistas na biblioteca ou mesmo, pela dificuldade de acesso à mesma. Essa dificuldade era consequência do seu fechamento, devido à ausência da responsável pela sua abertura, fato esse obtido em conversas com os estudantes ou mesmo, comprovado pelo pesquisador, em muitas vezes. Isso prejudicou um pouco a procura pelas informações que faltavam, para a preparação do Encontro.

Dos alunos do segmento que progrediram, 05 (cinco) responderam e 03 (três) deixaram em branco o item 3 que, ao contrário do segmento fixos, indicou maior interesse e motivação para a procura dos conhecimentos que faltavam, conforme se depreende da resposta do estudante I: “ Entendi que a atuação da força é necessária para passar um corpo do estado de repouso ao de movimento uniforme.” O aluno II escreve que “o principal foi a que pode haver movimento sem ação de uma força”. O aluno VI diz que “ficou sabendo que todo corpo tende a continuar seu estado de repouso ou de movimento uniforme caso nenhum agente externo atue sobre ele”.Essas respostas evidenciaram, de certo modo, o interesse pela procura e demonstraram o aprendizado sobre o que foi pesquisado.

Quando perguntado se fez alguma pesquisa, dos 14 alunos, apenas sete responderam que sim, sendo 06 (seis) do segmento que progrediram, e 01 do segmento fixos. Mais uma vez, o segmento fixos demonstrou o desinteresse para a busca do conhecimento, o que implicaria, provavelmente, na permanência em sua cabeça dos conhecimentos que já tinha. Quanto aos alunos do segmento que progrediram, esse fato veio apenas sedimentar mais seus conhecimentos, propiciando melhores condições para a respectiva progressão.

As opções do tipo e locais de atividades da pesquisa mais selecionadas pelos alunos foram as conversa com entre colegas, conversa com professores e pesquisa na biblioteca. Apesar de existir o item Internet não houve nenhuma opção para o mesmo. Em conversa com os alunos, os mesmos falaram que o acesso a Internet era difícil e precário, consequência da falta corriqueira do responsável pela sala dos computadores. Outro fator que teve implicações na busca dos conhecimentos pelos alunos, além dos citados, como o acesso à biblioteca ou à Internet, foi a sua condição e seu papel de trabalhador durante o dia

e de estudante à noite , o que demandava um esforço e tempo para se dedicar à pesquisa. Segundo dados do perfil sócio-econômico do total de estudantes pesquisados, 60% de alunos trabalham, 65%, tem pelo menos 01 (um) filho, o que implica responsabilidades para manutenção da família ou do lar. Isso faz com que o aluno se esforce e se preocupe , inicialmente, para sua sobrevivência e da família, para depois, se possível, se dedicar aos estudos com esperança de melhoria de padrão de vida. Esse fator provoca uma reflexão e uma indagação: *como se desenvolveria o CEK metodologicamente quando aplicado numa turma de estudantes do período matutino os quais, normalmente, não trabalham, não têm filhos e não têm obrigações de manutenção do lar?* Munidos dos conhecimentos que já possuíam, adicionados àqueles que buscaram, os alunos foram para o momento do Encontro.

Encontro com o Acontecimento.

Foi o momento da aula propriamente dita para o qual os estudantes se prepararam. Participaram desse evento 14 (quatorze) alunos, sendo 07(sete) aprendizes do segmento dos que progrediram e 07(sete), do segmento fixos. No momento do encontro foram desenvolvidas atividades com participação dos alunos, com ênfase no experimento do disco de vinil. Os alunos demonstraram descontração e vontade de aprender na participação da experiência, ouvindo-se comentários interessantes e que atestam a motivação, o envolvimento e a construção do conhecimento, conforme se deduz do registro do momento da confirmação ou refutação do aluno IV, acerca da pergunta: “Que idéias você têm agora depois do momento do encontro?”. Ele respondeu: “que foi possível fazer um objeto andar ou se movimentar sem a ação de uma força”. Além disso, pelas respostas do registro do momento do encontro, no que tange à 1ª questão, obtivemos 93% de acertos. Essa questão dizia respeito ao conceito da inércia galileana. Na 2ª questão, em que procurava saber quem defendia a idéia da teoria heliocêntrica, 10 (dez) alunos assinalaram Galileu e 04 (quatro) marcaram Aristóteles. Outro exemplo foi o que escreveu o aluno II no registro do momento da confirmação ou refutação quando diz que “tenho uma idéia real que o atrito diminui a ação da força e que no vácuo pode haver movimento sem a ação de uma constante”.

Pelas respostas acima, observa-se que os alunos assimilaram e aprenderam os ensinamentos propostos que foram mediados pelo professor, no momento do encontro. Concomitantemente a esse ou logo após, se processava o momento da confirmação ou da refutação dos conhecimentos.

Confirmação ou refutação dos conhecimentos.

Foi o momento do CEK ocorrido, concomitantemente ou logo após o Encontro, caracterizado como uma tomada de decisões e suas conseqüências sobre a aceitação ou não dos resultados obtidos durante o encontro. Doze alunos responderam as perguntas do questionário do respectivo momento. Essa tomada de decisão pode ser observada nas respostas do aluno II referentes às questões do questionário do momento da confirmação ou refutação, assim descritas: 1ª) Que idéias você tinha sobre o tema ou o assunto da pesquisa, antes de participar do momento do encontro? Resposta: “Tinha a idéia que realmente necessitava da ação constante de força para um movimento”. 2ª) Que idéias você têm agora depois do momento do encontro? Resposta: “Tenho uma idéia real que o atrito diminui a ação da força e que no vácuo pode haver movimento sem a ação de uma força”. 3ª) O que é

que você acha que já tem certeza ou que já sabe sobre o tema ou o assunto da pesquisa?. Resposta: “Tenho certeza que existe movimento sem ação de uma força; tenho certeza que o atrito diminui a ação de uma força”. O aluno IV dizia que antes do encontro “só existia movimento através da ação de uma força” e que após o momento verificou “que foi possível fazer um objeto andar ou movimentar-se sem a ação de uma força”. Outro exemplo interessante é o do aluno XI quando escreve que, antes do encontro, “nunca tinha parado para pensar porque nós éramos ensinados só com as noções já prontas e não nos mostravam como chegávamos a tais conclusões” e, logo após o encontro, fala que “hoje sei que pode existir movimento sem força em alguns casos”. O aluno XIII, antes do momento do encontro escreveu que “só pode existir movimento se tiver uma força” e após esse momento, disse que “há movimento sem força, mas que ficava meio chateado por sabermos muito pouco”.

Essas respostas dos alunos evidenciam uma tomada decisão por parte deles, bem como, a confirmação ou refutação de suas idéias, as quais poderão ser sedimentadas ou não no próximo momento, da revisão construtiva.

Revisão construtiva

A revisão construtiva foi um momento pedagógico, parte expositiva e parte experimental em que foi mostrada a experiência do plano inclinado, com realce para o movimento do carrinho numa pista com atrito representada pela areia e numa pista sem a areia, sem o atrito. Quinze alunos responderam ao questionário do registro do momento da revisão construtiva, sendo 08 (oito) estudantes do segmento que progrediram e 07 (sete), do segmento fixos. As respostas nos mostram evidências que os alunos sedimentaram seus conhecimentos e que a revisão construtiva prevista para o momento foi alcançada, como se observa a resposta do aluno XIII à seguinte pergunta: “Prezado aluno, por gentileza, escreva abaixo o que aprendeu sobre o tema da pesquisa?”. Resposta: “Aprendi que os conceitos de movimento são muitos complexos, mais evolui bastante ao saber que não é necessária força para existir movimento como afirmava Galileu. Pois no vácuo se jogamos uma pedra ela vai em movimento para sempre”. O aluno IV respondeu que “Aristóteles dizia que só existia movimento com a ação de uma força e que para Galileu, o movimento era sem a ação da força”. A sedimentação do conhecimento também pode ser evidenciada pelo aluno II no registro da confirmação ou refutação, quando diz que “tinha uma idéia que realmente necessitava da ação constante da força para um movimento mas que agora tenho uma idéia real que o atrito diminui a ação da força e que no vácuo pode haver movimento sem a ação de uma força constante”. Essa divagação foi consolidada na revisão construtiva quando ele escreve que “aprendeu um pouco mais sobre MRU, a lei da Inércia, deslocamento com e sem força constante e, principalmente que pode existir deslocamento infinito se não existisse nenhum tipo de atrito”.

Momentos do CEK

Assim como uma corrente é composta de elos, o CEK é constituído pelos momentos da antecipação, investimento, encontro, confirmação ou refutação e revisão construtiva. Esses momentos são partes relevantes e importantes dessa corrente que podemos denominar de processo ensino-aprendizagem. Todos os elos precisam ser fortes para que a corrente não se rompa, não se quebre, pois caso ocorresse, certamente, teria implicações

negativas na aprendizagem do aluno, como objetivo final da educação. O balanço cognitivo, a busca de conhecimentos para o embasamento para o encontro, com suas experiências utilizadas nas aulas, foram importantes para que os alunos revisassem e sedimentassem seus conhecimentos, contribuindo para as mudanças nas formas de pensar dos aprendizes. Todos os momentos foram relevantes e contribuíram de modo considerável para revisão cognitiva dos alunos, mas o momento do Encontro, com sua aula construtiva e participação individual dos estudantes, com realce para a experiência do disco de vinil, pode ser considerado como a fase do CEK que mais despertou o interesse dos estudantes.

Conclusões

Avaliar a contribuição do CEK, como instrumento metodológico, para revisar construtivamente, na estrutura cognitiva de estudantes, a concepção de MRU sob ação de uma força para a do movimento sem a ação da força foi a temática do presente trabalho que propôs a responder a seguinte questão: Como o CEK pode contribuir para revisar construtivamente o Movimento Retilíneo Uniforme, do pensamento aristotélico para o galileano, entre alunos do 1º ano do EM? .

Para possibilitar alcançar o nosso objetivo, inicialmente, procuramos identificar as concepções dos alunos através da aplicação de um pré-teste. Em seguida, fizemos a intervenção didática fundamentada no CEK e, logo após, aplicamos o pós-teste.

Feito isto, o nosso estudo sobre o problema começa por compararmos o pré-teste com o pós-teste para saber, se houve a revisão ou não das concepções dos alunos. Simultaneamente, avaliamos o CEK, como uma nova ferramenta metodológica, parte essencial desse trabalho, buscando dados de relevância para essa finalidade, mediante os registros dos momentos do Ciclo.

No pós-teste, aplicado logo depois da intervenção didática, pudemos verificar uma mudança significativa da concepção de Aristóteles para a de Galileu em que, do equilíbrio observado no pré-teste (nove alunos com idéias aristotélicas e nove com idéias galilaicas), 07 (sete) alunos do conjunto Aristóteles passaram a apresentar concepções próximas ao pensamento galileano, representando um percentual de 39%. Um número significativo que demonstra a otimização e a funcionalidade do CEK, como instrumento metodológico no processo da aprendizagem.

Dessa forma, ao final do trabalho, em termos numéricos , o conjunto Aristóteles ficou com 02 (dois) alunos e o conjunto Galileu, com 16 (dezesesseis) alunos, uma variação de 14 aprendizes que representa um percentual de 78%. Isso demonstra que a revisão foi considerável e que o CEK atuou de maneira eficaz como ferramenta pedagógica para atingir os objetivos propostos da pesquisa.

Do que foi exposto no presente trabalho podemos concluir que:

- Após a intervenção didática, houve revisão na estrutura cognitiva dos estudantes, em que 07 (sete) alunos que, anteriormente, pensavam aristotelicamente passaram a pensar, segundo as idéias de Galileu, que em termos percentuais equivale a 39%, número esse bastante considerável e indicativo de que o CEK contribuiu em muito para que tal fato ocorresse.

- Todos os momentos do CEK foram importantes e contribuíram de modo eficiente para que o objetivo fosse alcançado, ressaltando que a fase que mais despertou a atenção dos alunos foi o Encontro, por causa da participação individual dos estudantes na construção, manipulação e demonstração do experimento.

- O CEK, como ferramenta metodológica, mostrou-se eficaz e contribuiu, de maneira relevante para que o objetivo da pesquisa fosse alcançado, tornando-se, dessa maneira, viável para revisar conceitos, sendo aplicável à Física e a outras disciplinas, tais como a Química, Biologia, Matemática, desde que seus respectivos conteúdos programáticos possam ser desenvolvidos segundo as atividades específicas de cada momento do Ciclo, e se identificados os construtos básicos dos alunos.

- A revisão construtiva, na estrutura cognitiva dos alunos, do pensamento aristotélico para o pensamento galilaico foi alcançada, devido em muito, às atividades desenvolvidas nos momentos do Ciclo da Experiência Kellyana.

-

Referências

BASTOS, H. F. B. N. *Changing teachers' practice: towards a constructivist methodology of physics teaching*. Tese de Doutorado. University of Surrey, Inglaterra, 1992.

CLONNINGER, Susan C. *Teorias da personalidade*. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

GALILEI, G. *Duas novas ciências*. São Paulo: Nova Stella Editorial, 1998.

GOWDAK, Demétrio. *Ciências:natureza e vida/ Demétrio Gowdak, Eduardo Martins*.-São Paulo: FTD, 1996.

KELLY, G. A. *The psychology of personal constructs*. Vols. 1 e 2. New York: Norton, 1955.

MORAES, Arthur M e MORAES, Itamar J. A avaliação conceitual de força e movimento. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol 22, junho, 2000.

MOREIRA, Marcos Antonio. *Teorias da aprendizagem / Marcos Antonio Moreira*.- São Paulo: EPU, 1999.

NUSSENZVEIG, Herch Moisés. *Curso de Física Básica*. São Paulo: Edgar Blücher, 1981.

PCN+Ensino Médio. *Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais*. Brasília: Ministério da Educação, 2002

PARANÁ, Djalma Nunes. Física. Série novo ensino médio. São Paulo: Editora Ática, 2000.

PEDUZZI, Luiz O. Q. Física aristotélica: por que não considerá-la no ensino da Mecânica. Caderno Catarinense de Ensino de Física. vol 13, n° 1, abril, 1996.

POPE, M. Constructivist goggles: implications for process in teaching and learning. Paper apresentado na BERA Conference, Sheffield, UK, Agosto.

SILVA JÚNIOR, César da. Ciências: entendendo a natureza: a matéria e a energia: 8ª série.-15. ed.- São Paulo: Saraiva, 1998.