

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DAS CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
MODELAGEM COMPUTACIONAL DE  
CONHECIMENTO

GERALDO TOMAZ DA SILVA NETO

**ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DOS MODELOS MENTAIS DOS  
APRENDIZES DE CINEMÁTICA E DINÂMICA NO CENÁRIO DA  
APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS COM AUXÍLIO  
DE UM AMBIENTE DE APRENDIZAGEM FUNDAMENTADO NA  
SIMULAÇÃO**

Maceió-2018

GERALDO TOMAZ DA SILVA NETO

**ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DOS MODELOS MENTAIS DOS APRENDIZES DE CINEMÁTICA E DINÂMICA NO CENÁRIO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS COM AUXÍLIO DE UM AMBIENTE DE APRENDIZAGEM FUNDAMENTADO NA SIMULAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento em Educação da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Modelagem Computacional de Conhecimento em Educação

Orientador: Prof.º Dr. Fábio Paraguaçu Duarte da Costa; Prof.ª Dra. Cleide Jane de Sá Araújo Costa.

Maceió- 2018

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecária Responsável: Janis Christine Angelina Cavalcante – CRB4 - 1664

S586a Silva Neto, Geraldo Tomaz da.  
Análise da evolução dos modelos mentais dos aprendizes de cinemática e dinâmica no cenário da aprendizagem baseada em problemas com auxílio de um ambiente de aprendizagem fundamentado na simulação / Geraldo Tomaz da Silva Neto. – 2018.  
85 f. : il.

Orientador: Fábio Paraguaçu Duarte da Costa.  
Dissertação (mestrado em Modelagem Computacional de Conhecimento) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Computação. Maceió, 2018.

Bibliografia: f. 79-81.  
Apêndices: f. 82-85.

1. Ambiente de programação. 2. Aprendizagem baseada em problemas.  
3. Ensino contextualizado de cinemática e dinâmica. I. Título.

CDU: 004.4

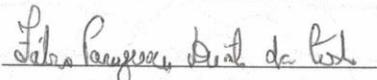


UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS/UFAL  
Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento  
Avenida Lourival Melo Mota, Km 14, Bloco 12, Cidade Universitária  
CEP 57.072-900 – Maceió – AL – Brasil  
Telefone: (082) 3214-1364/1825



Membros da Comissão Julgadora da Dissertação de Mestrado de Geraldo Tomaz da Silva-Neto, intitulada: “Análise da Evolução dos Modelos Mentais dos Aprendizes de Cinemática e Dinâmica no Cenário da Aprendizagem Baseada em Problemas com Auxílio de um Ambiente de Aprendizagem Fundamentado na Simulação”, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento da Universidade Federal de Alagoas, em 25 de abril de 2018, às 8h30min, no mini auditório do Instituto de Computação da Ufal.

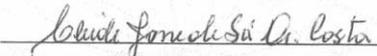
**COMISSÃO JULGADORA**



**Prof. Dr. Fábio Paraguaçu Duarte da Costa**

Ufal – Instituto de Computação

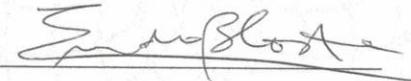
Orientador



**Profa. Dra. Cleide Jane de Sá Araújo Costa**

Ufal – Centro de Educação

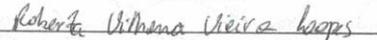
Orientadora



**Prof. Dr. Evandro de Barros Costa**

Ufal – Instituto de Computação

Examinador



**Profa. Dra. Roberta Vilhena Vieira Lopes**

Ufal – Instituto de Computação

Examinadora



**Prof. Dr. Kleber Cavalcanti Serra**

Ufal – Instituto de Física

Examinador

Maceió, abril de 2018.

A meu Pai José Genivaldo e minha Avó Aurea,  
meus eternos mentores.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero dedicar minha eterna gratidão a meu Senhor Jesus. Quero agradecer todo amor em minha vida dado por Maria que em sua eterna obediência a Deus nos ensina o verdadeiro sentido de fé. Agradeço ao Prof. Dr. Fábio Paraguassu e a Profa. Dra. Cleide Jane por suas contribuições em minha carreira acadêmica. Quero deixar por escrito que todas as minhas conquistas profissionais e pessoais vêm acontecendo devido a minha mãe Salete, em sua simplicidade me ensinou que o respeito, humildade e amor é o que importa na vida. Não posso deixar de agradecer a minha noiva Andressa, que sempre me ajudou e me inspirou a ser uma pessoa melhor e vencer todos os obstáculos. Quero registrar o meu respeito, admiração e gratidão ao meu irmão Saulo e sua esposa Simone, sempre foram e serão um exemplo de humildade e respeito. Agradeço todo apoio do meu tio Hélio e minha tia Aurelina, sempre acreditaram em meu potencial. Não posso deixar de agradecer ao meu amigo e irmão Douglas, sempre me inspirou a estudar e ser persistente em meus objetivos. Agradeço a todas as amigas que fiz durante o período do mestrado, compartilhamos muitos sentimentos de preocupações, porém, as alegrias prevaleceram. E por fim, agradeço a todos os professores que passaram na minha vida, sem eles não poderia dedicar todo amor a carreira docente.

Ó Mestre, Fazei que eu procure mais  
Consolar, que ser consolado;  
compreender, que ser compreendido;  
amar, que ser amado.  
Pois é dando que se recebe,  
é perdoando que se é perdoado,  
e é morrendo que se vive para a vida eterna.

ORAÇÃO, de São Francisco de Assis.

## RESUMO

As dificuldades apresentadas pelos alunos no âmbito dos cálculos matemáticos geram índices de reprovações em Física. A Mecânica Newtoniana se apresenta como conteúdo de fácil contextualização e aplicações ao cotidiano dos alunos. Por exemplo, a aplicação de tal tema pode ser usada quando se fala sobre trânsito. Problemas como derrapagens de automóveis e colisões por distrações de motoristas ao volante são tópicos ricos em aplicações da Física. Algumas propostas pedagógicas como a Aprendizagem Baseada em Problemas possibilita aos alunos se tornar sujeitos ativos na construção do conhecimento a partir de resoluções de situações reais de aprendizagem. Nesse sentido, a programação computacional apresenta-se como ferramenta valiosa no quesito da aprendizagem em resoluções de problemas. O presente trabalho tem como objetivo propor um conjunto de modelos mentais de Cinemática e Dinâmica baseados em Aprendizagem Baseada em Problemas, destacando a evolução dos tais com o auxílio da aprendizagem de programação computacional. Para isso foram coletados dados por meio de observação das atividades de alunos de turmas de segundo e terceiro ano do ensino médio de uma escola básica da rede privada dentro das etapas estabelecidas na Aprendizagem Baseada em Problemas. Constatou-se que os alunos que apresentavam maior familiaridade com o tema, apresentavam respostas com melhores fundamentos dentro da Física. Também ficou evidente que todas as ações denotadas no ato de programar foram cruciais para verificação dos alunos sobre as conclusões nas resoluções dos problemas. Os resultados reforçam que ao refletir e solucionar sobre problemas por meio dos ambientes de programação, os alunos ficam motivados para participar de forma direta na construção do conhecimento de Cinemática e Dinâmica.

**Palavras-Chave:** Ambientes de Programação; Aprendizagem Baseada em Problemas; Ensino Contextualizado de Cinemática e Dinâmica.

## ABSTRACT

The great difficulty presented by the students in the scope of the mathematical calculations generate great indices of reprobations in Physics. The Newtonian Mechanics presents itself as content of easy contextualization and applications to the daily life of the students. For example, the application of such a theme can be used when talking about traffic. Problems like car skidding and collisions due to distractions from drivers at the wheel are topics rich in applications of physics. Some pedagogical proposals such as Problem-Based Learning enable students to become active subjects in the construction of knowledge based on real learning situations. In this sense, the computational programming presents itself as a valuable tool in the matter of learning in problem solving. The present work aims to propose a set of mental models of Kinematics and Dynamics based on Problem Based Learning highlighting the evolution of such with the aid of learning programming. For this, data were collected by observing the activities of students in the second and third year of high school classes of a private school basic school within the stages established in Problem Based Learning. It was found that the students who were more familiar with the subject presented answers with better fundamentals within Physics. It was also evident that all the actions denoted in the programming were crucial for verifying the students about the conclusions in the resolutions of the problems. The results reinforce that when reflecting and solving problems through programming environments, students are motivated to participate directly in the construction of Kinematics and Dynamics knowledge.

**Keywords:** Programming environments; Problem-based learning; Contextual teaching of kinematics and dynamics.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo do processo tutorial da PBL.....	25
Figura 2- Carro realizando uma manobra em uma curva plana.....	32
Figura 3- Carro realizando uma manobra em uma curva inclinada.....	34
Figura 4- Decomposição das forças em carro realizando uma Manobra em curva inclinada.....	34
Figura 5 – Decomposições das forças no momento da frenagem.....	35
Figura 6- Mostra a distância total percorrida pelo carro no processo da frenagem.....	36
Figura 7- Diferença do ensino assistido pelo computador e computador como maquina de ensinar.....	43
Figura 8 – Vídeo com situação problema para discussão do grupo focal .....	51
Figura 9– Vídeo com situação problema para discussão do grupo Focal.....	51
Figura 10 – Algoritmo sendo rodado no <i>Visualg</i> .....	52
Figura 11-Área de trabalho do programa <i>atlas.ti 7</i> .....	55
Figura 12- Influência da velocidade na derrapagem- alunos do terceiro ano.....	57
Figura 13- Influência da velocidade na derrapagem- alunos do segundo Ano.....	58
Figura 14- Influência da força de atrito na derrapagem – turma segundo ano.....	60

Figura 15- Influência da força de atrito na derrapagem- turma terceiro ano.....	61
Figura 16- Influência do tempo de reação na derrapagem – turma Segundo ano.....	63
Figura 17- Influência do tempo de reação na derrapagem – turma Terceiro ano .....	64
Figura 18– Relação das variáveis com velocidade em curvas planas.....	66
Figura 19 – Relações das variáveis com a velocidade limite em curvas inclindas- turma do terceiro ano.....	68
Figura 20– Relações das variáveis com a velocidade limite em curvas inclinadas- turma do segundo ano.....	68
Figura 21- Influência da distração ao volante.....	69
Figura 22 – Ferramenta de correção do algoritmo fornecida pelo <i>Visualg</i> .....	70
Figura 23- Conclusões após a ação de refletir sobre os resultados expostos pelo computador.....	71
Figura 24 – Mensagem de erro apresentada no <i>Visualg</i> .....	72
Figura 25– Resposta fornecida pelo <i>Visualg</i> para calcular raiz quadrada de número negativa no conjunto dos números reais.....	72
Figura 26- Conclusões após o processo de reflexão no problema da curva inclinada.....	74
Figura 27- Resultados expressos pelos alunos ao final das realizações no processo de programar.....	74

## LISTA DE TABELAS

Tabela1 – Características das demais metodologias com foco em comum com a PBL.....	26
Tabela 2-Questionamentos para testes dos algoritmos.....	70

## Sumário

ASBTRACT.....	9
INTRODUÇÃO .....	15
1. BASES COGNITIVAS PARA O ENSINO DE FÍSICA .....	19
1.1-Modelos mentais no ensino de Física .....	19
1.2- Aprendizagem baseada em problemas.....	25
1.2.1- Objetivos da aprendizagem baseada em problemas:.....	28
1.2.2- O papel do problema.....	29
1.2.3- Papel do facilitador .....	29
1.2.4- A reflexão do estudante na PBL .....	30
1.2.5- Vantagens e Desvantagens da PBL.....	31
1.3- A Física nas explicações de fenômenos no trânsito.....	32
1.3.1- Manobras de automóveis em curvas planas.....	32
1.3.2- Curvas inclinadas.....	34
1.3.3- Distância percorrida por um automóvel até parar .....	35
2. MODELAGEM DO PROCESSO DE PROGRAMAR .....	38
2.1- Um breve histórico da implementação do computador na Educação no Brasil:.....	38
2.2- Formação dos professores.....	41
2.3- Computador como máquina de ensinar x Ambientes interativos de aprendizagem: .....	43
2.4- A escola que estimula compreender: novos papéis do professor e aluno .....	45
2.5- Aquisição do conhecimento no processo de programar:.....	46
3- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	49
3.1- Local da pesquisa:.....	49
3.2- Sujeito da pesquisa:.....	50
3.3- Primeira etapa: abordagem e discussão sobre o problema.....	50
3.4- Segunda etapa: criação de alternativas para solução do problema .....	52
3.5- Terceira etapa: construção do programa computacional e ações no processo de programar .....	53
3.6- Quarta etapa: apresentação do trabalho produzido ao Público: .....	54
3.7- Análise dos resultados.....	55
4- ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS .....	57
4.1- Primeiro encontro: Discussões prévias acerca das soluções dos problemas.....	57
4.1.1-Problema de derrapagens em curvas:.....	58
4.1.2- Problema da influência de distração ao volante nas ocorrências de acidentes do no trânsito.....	64
4.2- Segundo encontro: Discussões acerca das novas soluções dos problemas .....	66

4.3- Terceiro encontro: programação das soluções dos problemas.....	70
4.4- Quarto encontro: Apresentação ao público.....	76
5- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
REFERENCIAS .....	80
APÊNDICES.....	83

## INTRODUÇÃO

Atualmente a tecnologia educacional vem transformando a maneira de viver da sociedade, influenciando nos aspectos da forma de pensar e agir humano, em que o conhecimento na sociedade ganha um papel importante. Mesmo com tais mudanças, em grande parte nas escolas é abordada uma visão de ensino tradicional. Conforme Leão (1999), na discussão do ensino tradicional cabe ao aluno memorizar o conhecimento e não participar de forma direta no processo da construção do conhecimento. De acordo com Valente (1999, p.29) a valorização do conhecimento proporciona “uma nova postura dos profissionais em geral e, portanto, requer o repensar dos processos educacionais, principalmente aqueles que estão diretamente relacionados com a formação de profissionais e com os processos de aprendizagem”.

Para compreender as inovações tecnológicas que nos cerca, em específico o ensino de Física deve passar por transformações em que os alunos da escola básica não tenham apenas contato com tal conhecimento durante o período escolar, mas também em suas carreiras profissionais ou compreensão dos fenômenos naturais e tecnológicos. Apesar da importância da aprendizagem de Física, dados mostram que existe um grande índice de reprovação em tal disciplina. Fiolhais e Trindade (1999) afirmam que algumas dessas causas são os métodos de ensino inadequados, a deficiência na Matemática por parte dos alunos. Destacando as desvantagens do ensino por instrução tradicional, Halloun e Hestenes (1985) afirmam que os conhecimentos iniciais dos alunos influenciam no processo de aprendizagem. No entanto, tal método de ensino não corrobora por melhorias na aprendizagem. Buscando um ensino de Física inovador “o primeiro passo de um aprendizado contextualizado pode vir da escolha de fenômenos, objetos e coisas do universo vivencial” (BRASIL, 2006,p.61).

De acordo Valente (1999, p.29) uma das mudanças pedagógicas desejáveis é: “a passagem de uma educação totalmente baseada na transmissão da informação, na instrução, para a criação de ambientes de aprendizagem nos quais o aluno realiza atividades e constrói o seu conhecimento”. Desta forma, o conhecimento aprendido pelo aluno deve ser baseado na resolução de problemas significativos, proporcionando por parte do aluno uma reflexão sobre os resultados obtidos (VALENTE, 1999). Entre as abordagens educacionais que visam compreender o processo de aprendizagem dos alunos, temos como destaque os modelos mentais. De acordo com Moreira (1996),

modelos mentais são representações analógicas do mundo. Nesse sentido, com formação de modelos mentais existe a possibilidade dos alunos assimilarem a realidade cotidiana e poder fazer inferência construindo melhor aprendizagem. Outra metodologia de ensino que busca a aprendizagem contextualizada é *Problem-based learning* (PBL) ou aprendizagem baseada em problemas como é conhecida em língua portuguesa. De acordo com Silva et al (2015, p.608) a aprendizagem baseada em problemas “é uma metodologia de ensino-aprendizagem que utiliza problemas da vida real para estimular o desenvolvimento da criatividade, do pensamento crítico, da aquisição de conhecimentos e da capacidade de desenvolver soluções originais”.

O desenvolvimento tecnológico dos computadores possibilitou a implantação destes na Educação. Por exemplo, podemos citar os Ambientes interativos de aprendizagem (AIA). De acordo com Barasnauskas et al (1999, p.50), os ambientes interativos de aprendizagem são uma “classe de sistemas que exemplificam o paradigma construcionista e cujo controle da interação está totalmente nas mãos do aprendiz ou é compartilhado entre o aprendiz e o sistema”. Entre os exemplos dos ambientes interativos de aprendizagem podemos citar os ambientes de programação. Segundo Baranauskas et al (1999), ao utilizar programação, o computador passa a ser uma ferramenta de ambiente aberto e por meio desta ferramenta existe a liberdade de se desenvolver algo, e a aprendizagem ocorre pela execução das tarefas por meio do computador.

Conforme Fiolhais e Trindade (1999) o ensino de Mecânica Newtoniana “Trata-se de uma área cuja compreensão essencial para as restantes áreas da Física. Além disso, permite uma fácil identificação dos conceitos errados mais frequentemente enraizados nos pensamentos dos alunos e ainda uma fácil divisão dos vários assuntos, para um trabalho organizado e particionado”. Desta forma, os conteúdos de Cinemática e Dinâmica são tópicos da Física ricos de fácil contextualização e aplicação ao cotidiano dos alunos. Diante disso, o problema dessa pesquisa é investigar quais são as evoluções dos modelos mentais de conceitos de Cinemática e Dinâmica aplicados a situações no trânsito com auxílio de simulação computacional no cenário da aprendizagem baseada em problemas?

Nossa hipótese é que o aluno ao utilizar os ambientes de simulação para solucionar problemas de Física no contexto da aprendizagem baseada em problemas passe a ser um participante reflexivo e ativo no processo de aprendizagem, possibilitando aplicar o conhecimento aprendido com novas situações cotidianas. Essa

hipótese se justifica pelo fato de que o computador é uma ferramenta comum para os estudantes atuais e que pode contextualizar o ensino de Física com situações problemas do cotidiano com a oportunidade da simpatia da Física para os alunos.

O objetivo geral da pesquisa é propor um conjunto de modelos mentais de Cinemática e Dinâmica baseados em PBL destacando a evolução dos tais com o auxílio dos ambientes de simulação. Os objetivos específicos que nortearam o estudo foram:

- a) adaptar os conteúdos de cinemática e dinâmica da disciplina de Física de forma contextualizada na aprendizagem baseada em problemas com um intuito de tornar o ensino mais atrativo.
- b) verificar a compreensão dos alunos acerca dos problemas de física com base na construção de algoritmos;
- c) identificar a importância educativa dos ambientes de programação na evolução dos modelos mentais dos estudantes;
- d) experimentar o programa computacional produzido dentro da escola de nível básico escolhida.

A opção pela escolha da instituição de ensino partiu do fato que possui vínculo empregatício como docente na mesma. Para atingir os objetivos propostos, foi realizada uma pesquisa qualitativa com abordagem na aprendizagem baseada em problemas. A pesquisa foi dividida em quatro etapas.

Na primeira etapa foi apresentado aos alunos dois vídeos que apresentavam problemas corriqueiros no trânsito como instigadores para iniciar discussões entre os alunos usando fundamentos da Física para solucionar os problemas. O principal objetivo da primeira etapa é a verificação dos conhecimentos prévios dos alunos acerca dos problemas sobre eventos corriqueiros do trânsito. Após a primeira etapa houve um período de tempo para os alunos estudarem de forma mais profunda o tema apresentado no primeiro encontro e no encontro presencial seguinte, que compôs a segunda etapa: apresentar as soluções dos problemas. A terceira etapa foi destinada para a utilização dos ambientes de programação com o objetivo de reflexão dos alunos sobre as soluções apresentadas no primeiro e segundo encontros. E por fim, a quarta etapa teve como objetivo apresentação pública das atividades realizadas pelos estudantes do material produzido (programas de simulação computacional) durante a etapa de manuseio dos ambientes de programação. Tal etapa teve como objetivo verificar o quanto os alunos tinham domínio sobre o tema de Física abordado em questão e se os mesmos

desenvolveram habilidades para lidar com novos problemas de Física. A análise desta pesquisa foi realizada com a metodologia de (BARDIN,1977) por intermédio das observações das quatro etapas da pesquisa.

Desta forma, este estudo está dividido em quatro capítulos. O primeiro capítulo tem como objetivo contextualizar as bases cognitivas para o ensino de Física. É destacada a teoria dos modelos mentais com fundamentos em Gardner (1996). Além disso, o primeiro capítulo também destaca a teoria da aprendizagem baseada em problemas e por fim os fundamentos da Física básica para explicação de fenômenos no trânsito como: manobras em curvas planas e inclinadas e influencia do tempo de reação ao volante na distância de frenagem.

O segundo capítulo destaca a modelagem no processo de programar. O capítulo tem como objetivo apresentar um breve histórico da implantação do computador na Educação, dando ênfase o reflexo desta mudança na formação de professores. Neste capítulo também é destacada a diferença do computador como máquina de ensinar e os ambientes interativos de aprendizagem. Por fim, com maior destaque é discutido sobre os ambientes de programação em processos de ensino.

O terceiro capítulo relata a metodologia utilizada para coleta e análise de dados como recurso de concretização do objetivo de estudo.

O quarto capítulo de forma específica explana as discussões acerca dos dados coletados no presente estudo e compreende o estudo realizado de forma geral e detalhada.

## **1. BASES COGNITIVAS PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Neste capítulo serão apresentadas as bases cognitivas que nortearam o presente trabalho. Na primeira seção é destacada a teoria dos modelos mentais e sobre como alguns trabalhos relacionados com o ensino de Física utilizaram tal teoria de aprendizagem. Na segunda seção é discutido sobre a importância da teoria da aprendizagem em problemas no contexto do ensino da Física. Ao final do capítulo, é relatada uma base teórica com os conceitos de Física sobre os problemas que serviram de ferramentas motivadoras na aplicação da metodologia do presente trabalho.

### **1.1- Modelos mentais no ensino de Física**

Assim como os cientistas da Física constroem os modelos da natureza, os alunos também constroem suas representações internas em termos da compreensão do externo. Dentro deste aspecto, o âmbito da ciência cognitiva tem como ponto principal estudar como os seres humanos constroem tais representações. De acordo com Moreira (1996, p.2) “Representações internas, ou *representações mentais*, são maneiras de “representar” internamente o mundo externo. As pessoas não captam o mundo exterior diretamente, elas constroem representações mentais (quer dizer, internas) dele”. No contexto histórico e na busca de compreender o pensamento humano, temos como ponto inicial os pensadores gregos.

De acordo com Gardner (1996, p.279) “embora os gregos às vezes definissem o homem como um bípede implume, eles investiram muito mais em outra definição: o homem como um ser racional”. Nesse sentido, somente o homem possui as habilidades de expor os pensamentos que contêm regras que levam a conclusões válidas ou inválidas. Gardner (1996) afirma que, embora cercados (em certo sentido) de evidências da irracionalidade dos seres humanos, os filósofos se apegaram à noção de que os seres humanos são lógicos e racionais – ou pelo menos ao ideal de que os seres humanos deveriam buscar racionalidade e de que eles possuem o potencial para atingi-la. De acordo com Gardner (1996, p.279), as primeiras gerações que trataram os seres humanos como racionalistas:

“optaram todos por investigar questões que envolviam as habilidades dos seres humanos para raciocinar validamente. Na verdade, os problemas solucionados pelos primeiros programas computacionais eram problemas de lógica; as tarefas de classificação investigadas por psicólogos requeriam processos dedutivos lógicos; Piaget foi um passo adiante, não apenas estudando problemas de lógica, mas assumido que os humanos “desenvolvidos” raciocinam invocando os princípios de lógica”.

Gardner (1996), Castilho e Janczura (2012) afirmam que os estudos que buscavam provar em forma de experimentos o pensamento racional humano foram equivocados. Trabalhos como o de Philip Johnson-Laird, desafiaram de forma pontual a noção de que os seres humanos invocam algum cálculo em seu raciocínio. Para comprovar tal afirmação, Gardner (1996, p.380) cita o seguinte experimento:

“quatro cartas são dispostas com suas partes superiores mostrando, respectivamente, um E, um K, um 4 e um 7. Dizem-lhe que cada carta tem uma letra em um lado e um número no outro. Dão-lhe uma regra, cuja veracidade você deve avaliar: ‘Se uma carta tiver uma vogal em um lado, então ela tem um número par no outro’. Em seguida, você tem permissão para virar duas, mas apenas duas, cartas para determinar se o enunciado da regra está correto”.

Para Gardner (1996) se um indivíduo que já está familiarizado com este problema não terá dificuldades para acertar. Caso contrário, o indivíduo provavelmente errará como aconteceu com mais de 90 por cento dos sujeitos a quem o problema foi apresentado em vários locais. A grande maioria dos sujeitos sente que não existe a necessidade de selecionar a carta que exibe a consoante, já que ela é claramente irrelevante para a regra; eles também percebem que é necessário virar a carta com a vogal, pois um número ímpar do lado oposto invalidaria a regra. Portanto, a dificuldade se situa na decisão de qual carta numerada será virada. Existe um ímpeto para selecionar a carta com o número par, pelo fato que o número é citado na regra, e essa tentação é fatal para os sujeitos. Entretanto, é irrelevante se existe uma vogal ou uma consoante no verso desta carta, já que a regra não menciona o que deve existir no verso das cartas com números pares. É necessário selecionar a carta com número ímpar. Se essa carta possuir uma consoante, torna-se irrelevante; caso contrário, ou seja, a carta possuir uma vogal, a regra será invalidada. Para Gardner (1996, p.381), existe um aspecto mais importante na demonstração de Wason e Johnson-Laird:

considere o seguinte problema que usa mais uma vez quatro cartas, cada uma delas representando uma viagem. Cada carta tem uma destinação de um lado e um meio de transporte do outro. Desta vez as cartas têm impressas as legendas ‘Manchester’, ‘Sheffield’, ‘Trem’ e ‘carro’, respectivamente; e a regra é: “ toda vez que vou para Manchester, viajo de trem”.

Segundo Gardner (1996), embora a regra desse experimento seja de forma idêntica com a do problema anterior, ela apresenta pouca dificuldade em sua solução. 80% dos sujeitos sentem a necessidade de selecionar a carta com a palavra carro. Percebe-se que, se a palavra “Manchester” aparece no verso da carta com palavra “carro” a regra estará inválida. De modo diferente acontece com a carta com a palavra “trem”, pois a forma de ir para “Sheffield” é irrelevante para a regra. Buscando uma explicação para o melhor desempenho dos sujeitos no segundo problema. De acordo com Toni et al (2014, p.716) “a partir dos estímulos externos, das representações coletivas (culturais) do objeto, bem como das suas próprias representações mentais, o indivíduo forma holisticamente sua representação acerca de um objeto e que, conseqüentemente, irão influenciar suas ações”. Nesse sentido, Castilho e Janczura (2012) afirmam que as pessoas tendem a obter melhores resultados em problemas que possuem maior familiaridade.

Gardner (1996, p.382), afirma que “os resultados claramente desafiam qualquer noção de que os indivíduos são “máquinas lógicas”, capazes de aplicar os mesmo métodos de raciocínio, independente da informação específica do problema”. Portanto, Gardner (1996) declara que dentro do contexto do silogismo os seres humanos não usam tabelas de verdade e não procuram nelas resultados. Também não usam regras formais de inferência. Segundo Gardner (1996, p.382), “de acordo com a análise de Johson-Laird, existem sessenta e quatro tipos de silogismos todos de variação do seguinte exemplo: todos os artistas são apicultores (todos os A`s são B); e todos os apicultores são químicos ( Todos os B`s são C)”.

Segundo Gardner (1996) Johson-Laird verificou que os indivíduos que foram solicitados a tirar conclusões destas duas premissas sentiam muitas dificuldades e que a maioria tirou conclusões inválidas. Os especialistas da área tentaram explicar tal fato atribuindo que os sujeitos falharam no problema pelo fator que os mesmos indivíduos não treinados na lógica formal utilizaram alguma variante de tal área Em contrapartida, Johson- Laird demonstrou que mesmo o indivíduo que é talentoso não é capaz de cumprir a solução do problema com êxito.

Conforme o estudo de Gardner (1996), Johson-Laird fez a sua maior contribuição para a ciência cognitiva, a idéia de modelos mentais. Ele pede para pensarmos que indivíduos preenchem um ou mais papéis enunciando as premissas. Primeiramente podemos imaginar que existem indivíduos que são artistas, apicultores e

químicos ao mesmo tempo. Este indivíduo pode ser representado da seguinte forma de modelo mental:

artista- apicultor –químico

artista- apicultor –químico

artista- apicultor –químico

Também podemos supor que existem indivíduos que são apicultores e químicos, mas não são artistas:

apicultor- químico

apicultor- químico

apicultor- químico

E por fim podemos supor que podem existir químicos que não são apicultores:

químicos

químicos

químicos

Com este modelo mental formado, Gardner (1996, p.384) afirma que é possível tirar conclusões do tipo “se quisermos determinar se todos os artistas são também químicos, podemos simplesmente olhar nos quadros e confirmar que todos os artistas são realmente químicos”. Ainda sobre Gardner (1996, p.384) na abordagem de Johnson-Laird o indivíduo não precisa usar ferramentas da lógica formal, uma vez que:

o indivíduo envolvido na construção de um modelo mental está simplesmente empregando qualquer meio que seja confortável para ele (palavras, imagens, algum híbrido) a fim de representar a informação para si mesmo de uma maneira conveniente e prontamente acessível.

Na visão de Sousa e Moreira (2000, p.226), o principal aspecto do raciocínio por meio dos modelos mentais:

não está só na construção de modelos adequados para captar distintos estados de coisas, mas também na habilidade de verificar quaisquer conclusões a que se chegue usando tais modelos. A lógica, se é que aparece em algum lugar, não está na construção de modelos, mas na verificação de suas conclusões,

pois esta implica que o sujeito saiba apreciar a importância lógica de falsear uma conclusão e não só buscar evidência positiva que a apóie.

Jonson-Laird implementou sua teoria por meio de um computador. O programa computacional era formado por três etapas:

1. construir um modelo mental da primeira premissa. 2. adicionar a informação da segunda premissa ao modelo mental da primeira premissa, levando em consideração as diferentes formas nas quais isto pode ser feito. (Verifica-se que este é o aspecto mais complicado do processo, aquele que determina se um, ou dois ou três modelos diferentes precisam ser construídos.) 3. Formular uma conclusão para expressar a relação, se houver, entre os termos “finais” que estão presentes em todos os modelos das premissas (GARDNER, 1996, p.386).

Para Gardner (1996), Johnson-Laird definiu o processo acima citado como procedimento efetivo. Realizando todos os passos é possível chegar a uma conclusão adequada. Partindo de trabalho de Viera Junior e Colvara (2010a) e Barbosa e Borges (2006), é possível investigar os modelos mentais dos alunos durante o processo de aprendizagem. De acordo com Viera Júnior e Colvara (2010b), os modelos mentais são “representações de alto nível que facilitam o entendimento da cognição humana mesmo que, em última análise, o processamento seja realizado proposicionalmente por alguma espécie de código, tal como em um computador”. Segundo Borges (1999, p.89) mesmo que o indivíduo não possui familiaridade com o tema :

as pessoas formulam modelos iniciais, tomando algumas características daquilo que observam como ponto de partida. As propriedades que são escolhidas são aquelas que o observador considera relevantes naquela situação. Dependem, portanto, de como ele percebe a novidade, de seu conhecimento prévio e de memórias de experiências com situações que ele julga parecidas com a presente.

Ainda sobre Gardner (1996, p.389) sobre os estudos de Johnson-Laird na compreensão do raciocínio lógico humano é necessário levar em conta dois fatores:

O primeiro fator tem a ver com conteúdo: quanto maior a familiaridade e mais ricos os esquemas relevantes que estão disponíveis, mais facilmente a pessoa pode resolver um problema. O segundo atributo tem a ver com a forma: a pessoa se sai bem em problemas na medida em que ela pode construir modelos mentais que representem a informação relevante de uma maneira apropriada e usa estes modelos mentais flexivelmente.

De acordo com Moreira e Lagreca (1998, p.83) existem dois tipos de representações do mundo exterior, os modelos físicos e conceituais. Na visão dos autores:

os modelos físicos são *modelos conceituais*, isto é, modelos inventados por pesquisadores para facilitar a compreensão ou o ensino de sistemas físicos, são representações precisas, consistentes e completas de estados de coisas físicas. Porém, os modelos dos alunos, ou de qualquer indivíduo, inclusive os que criam modelos conceituais, são modelos mentais, ou seja, modelos que as pessoas constroem para representar estados de coisas físicas (bem como estados de coisas abstratas).

Conforme Sousa e Moreira (2000, p.226) citando Johnson Laird (1993, p.422-423) existem seis tipos principais de modelos físicos:

1. relacional é um quadro estático;
2. Espacial é um modelo relacional no qual as únicas relações que existem são espaciais;
3. Temporal é o que consiste em uma seqüência de quadros espaciais que ocorre em uma ordem temporal que corresponde à ordem dos eventos;
4. Cinemático é um modelo temporal psicologicamente contínuo, i.e., que representa mudanças e movimentos das entidades representadas sem descontinuidades temporais;
5. Dinâmico é um modelo cinemático no qual existem também relações entre certos quadros representando relações causais entre os eventos representados;
6. Imagem é uma vista, ou projeção, do objeto ou evento representado no modelo subjacente.

Moreira e Lagreca (1998, p.83) defende que “Estes modelos não precisam ser tecnicamente acurados (e geralmente não o são), mas devem ser funcionais. Eles evoluem naturalmente. Interagindo com o sistema, a pessoa modifica seu modelo mental recursivamente a fim de alcançar e manter sua funcionalidade”. Nesse sentido, Sousa e Moreira (2000) afirmam que entre os modelos físicos, o modelo dinâmico deveria ser chamado de modelo conceitual. Ou seja, a partir de inferências e relações de causalidades o sujeito pode modificar seu modelo mental, com o objetivo de falsear ou não suas conclusões. Ainda sobre Sousa e Moreira (2000, p.225):

No processo de atribuição das operações lógicas a realidade intervém as propriedades dessa própria realidade. Ao descobrir certas características dos objetos, o sujeito modifica seus modelos interpretativos e em virtude dessa modificação pode explicar a realidade física de maneira mais rica.

De acordo com Moreira e Lagreca (1998), os alunos aprendem Física usando os seus modelos mentais para compreender os modelos conceituais. Nesse sentido, torna-se de suma importância investigar os modelos mentais dos alunos.

Diante de tal preocupação foram produzidos trabalhos no âmbito educacional da Física no cenário da evolução dos modelos mentais dos alunos. Souza (2003) e Moreira e Lagreca (1998) e Souza (2013) em seus respectivos trabalhos demonstraram que os

modelos mentais dos alunos de Física eram mais conceituados com o aumento gradativo de instrução dos alunos. Sousa e Moreira (2000) demonstram que ao serem questionados sobre o determinado fenômeno da Física, os alunos sempre buscavam explicação usando os seus modelos mentais causais. Ou seja, as explicações eram baseadas em causas e conseqüências para relacionar as variáveis e fazer predições futuras.

A sessão acima descrita teve como objetivo destacar a relevância do estudo dos modelos mentais no âmbito de pesquisas educacionais e em específico na área da Física. Perguntas do tipo: “quais são os meios que os alunos compreendem e evoluem seus conhecimentos com relação aos conteúdos a serem aprendidos em sala de aula?” e “A partir da investigação dos modelos mentais dos alunos, quais são as medidas a serem tomadas para contribuir na aprendizagem dos alunos?”, são fatores relevantes para a motivação do presente trabalho construído com ênfase na análise e evolução dos modelos mentais dos alunos envolvidos na pesquisa no cenário na resolução de problemas de Física.

## **1.2- Aprendizagem baseada em problemas**

De acordo com Hmelo-Silver (2004) a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é bem adequada para ajudar aos estudantes a se tornarem aprendizes ativos pelo fato que estes são responsáveis por suas aprendizagens e que os problemas do mundo real são as bases da aprendizagem. Nesse contexto, existem duas ênfases no desenvolvimento da aprendizagem desenvolvendo estratégias e construindo conhecimento. De acordo com Teófilo et al. (2017, p.183) a aprendizagem baseada em problemas é “importante para se produzir a pedagogia da interação: de se repensar o papel do docente no ensino, de promover diálogo entre estudantes, de produzir a busca ativa do conhecimento e de integração curricular, além da integração teoria-prática”.

Ainda sobre o assunto, Hmelo-Silver (2004) afirma que na aprendizagem baseada em problema os estudantes trabalham em grupos com o objetivo de resolver problemas. O professor atuará como facilitador guiando os estudantes nesse processo. Nesse contexto, o aluno está no centro do processo de ensino e aprendizagem e é responsável pela auto-aprendizagem ( BORGES et.al ,2014).

No ciclo conhecido como “processo tutorial da ABP”, os alunos são apresentados a um problema em que analisarão e identificarão quais são os fatores relevantes no

problema. À medida que os alunos compreendem o problema, eles podem gerar hipóteses de possíveis soluções. Uma parte muito importante nesse ciclo é a fase de identificação das deficiências de conhecimento em relação ao problema. Essas deficiências encontradas durante a solução dos problemas é conhecida como as questões de aprendizagem geradas pela investigação dos alunos durante a aprendizagem auto-dirigida. No final da solução de cada problema o aluno deve refletir sobre o conhecimento abstrato adquirido. O professor deve ser guia para os alunos ajudando a identificar e aprender as habilidades cognitivas necessárias para a resolução dos mesmos. A Figura 1 abaixo mostra o ciclo do processo tutorial da ABP:

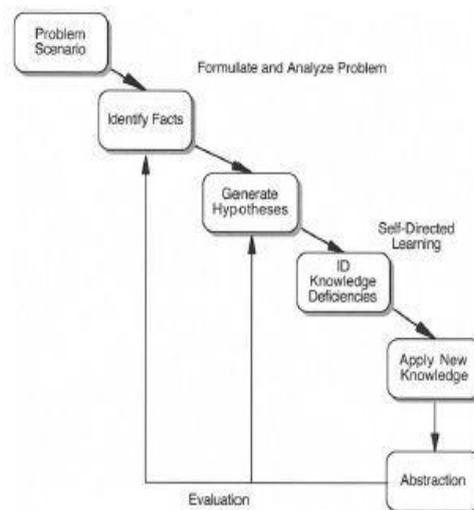


Figura 1 – Ciclo do processo tutorial da PBL

Fonte: (HMELO-SILVER, 2004, p. 237)

Além da aprendizagem baseada em problemas, existem também outras metodologias que buscam a aprendizagem por intermédio de resolução de problemas. Podemos citar a aprendizagem ancorada e ciência baseada em projetos. Para Hmelo-Silver (2004), nestas metodologias, a aprendizagem é baseada em resolução de problemas e o professor se torna um guia no processo de aprendizagem, mas as diferenças entre estes tipos de aprendizagem são os termos e regras do problema, o processo de resolução de problema e as ferramentas específicas que são utilizadas.

**Tabela1 – características das demais metodologias com foco em comum com a PBL.**

	<b>ABP</b>	<b>Instrução ancorada</b>	<b>Ciência baseada em projeto</b>
Problema	Problema de forma ilustrada que traz fatos do cotidiano	Vídeo que traz uma narrativa mostrando um problema complexo	Questão dirigida
Regras do problema	Concentração na aprendizagem da informação e estratégias de raciocínio	Proporcionar uma experiência compartilhada para que os alunos possam compreender como o conhecimento contribui na resolução do problema	Concentração no processo de investigação científica levando aos artefatos de produção
Processo	Identificar fatores, produzir idéias e refletir sobre o que foi produzido ao final do processo	Planejamento orientado e geração de metas	Previsão, observação, explicação e ciclos
Papel do professor	Facilitar o processo de aprendizagem	Envolver o conhecimento prévio dos alunos; fornecer instrução de conteúdos para os estudantes quando for necessário	Apresentar conteúdos relevantes antes e durante o processo
Colaboração	Negociação das idéias individuais dos estudantes trazendo novos conhecimentos para o grupo na resolução do problema	Negociação de idéias e estratégias dentro de pequenos grupos e toda a classe	Negociação de idéias com os pares e com os membros locais da comunidade
Ferramentas	Quadro estruturado; Recurso de aprendizagem identificado pelos estudantes	Controlador de vídeos; ferramentas específicas do problema	Ferramentas que suportam planejamento, coletas de dados e análise, modelagem e coleta de informações

Fonte: Hmelo-Silver (2004)

### **1.2.1- Objetivos da aprendizagem baseada em problemas:**

Segundo Hmelo-Silver (2004,) os principais objetivos da ABP estão descritos como: 1) Construção de uma base do conhecimento flexível e extensa; 2) Desenvolver habilidades de solução de problemas; 3) Desenvolver a autonomia e habilidades de aprendizagem que são usadas na vida; 4) Torna-se um colaborador efetivo; e 5) Torna-se motivado para aprender. Ainda sobre Hmelo-Silver (2004), para construir uma base extensa e flexível do conhecimento não se deve delimitar o foco em uma única área de conhecimento. Também é necessário que Para motivar os estudantes desenvolver um conhecimento flexível e habilidades efetivas de solução dos problemas nós devemos inserir a aprendizagem em contextos que exijam o uso destas habilidades. Nessa concepção, a ABP torna-se um processo onde o aluno constrói sua aprendizagem baseada em uma pluralidade de conhecimentos de áreas distintas.

Na visão de Wood (2003), um dos objetivos da ABP é permitir aos alunos a capacidade de desenvolver habilidades que serão úteis na resolução dos problemas. Dentro desse contexto, na visão Hmelo-silver (2004, p.241) surge mais três objetivos da ABP: Primeiro, os aprendizes devem ter a consciência do que estão fazendo e do que não estão entendendo. Segundo, eles devem ser capazes de estabelecer metas de aprendizagem, identificando o que eles precisam saber mais sobre a tarefa na qual eles estão envolvidos. Terceiro, eles devem ser capazes de planejar a sua aprendizagem e selecionar estratégias adequadas de aprendizagem. Eles devem decidir sobre um curso (ou cursos) de ação para atingir essas metas. Finalmente, à medida que implementam seu plano, os alunos devem ser capazes de monitorar e avaliar se os seus objetivos foram alcançados.

Na visão de Wood (2003), no processo da aprendizagem voltada na resolução de problemas, o trabalho em grupo contribui aos estudantes a se tornarem colaborativos. Nesse aspecto, o trabalho em grupo proporciona aos membros compartilharem informações, e também a tomada de decisão mais resistente no aspecto da resolução dos problemas. A última meta da ABP segundo Hmelo-Silver (2004) é para ajudar os alunos tornam-se intrinsecamente motivados. A motivação intrínseca ocorre quando os alunos trabalham em uma tarefa motivados por seus interesses próprios, desafios, ou sensação de satisfação.

### **1.2.2- O papel do problema**

Segundo Donnner e Bickley (1993) o problema apresentado no processo de ABP deve ilustrar de forma contextualizada a área de conhecimento que está sendo estudada. Esse processo resultará na geração de questões, sempre na forma de perguntas. As respostas destas perguntas fornecerão os fatos necessários para construir o conhecimento do aluno.

Para Hmelo-Silver (2004), bons problemas além de exigirem a multidisciplinaridade também promovem a comunicação entre os alunos expondo os seus planos na resolução de problemas com o restante da classe. Desta forma, problemas multidisciplinares colaboram para construir o conhecimento amplo e flexível devido ao fato que a informação não é aprendida de forma isolada. Na visão de Wood (2003), algumas alternativas sobre como os cenários dos problemas da ABP podem ser apresentados são: experimentos ou dados de um laboratório clínico; Fotografias; Clipes de vídeos; Artigos de jornais; Artigo de uma revista científica ou parte deste.

### **1.2.3- Papel do facilitador**

De acordo com Hmelo-Silver (2004) existem duas principais funções do facilitador no processo da ABP: (a) orienta o desenvolvimento de habilidades de pensamento de ordem superior, incentivando os alunos a justificar o seu pensamento e (b) exterioriza auto-reflexão, direcionando as perguntas adequadas para os indivíduos.

Segundo Hmelo-Silver (2004), embora o facilitador não tenha um papel ativo no processo da ABP, ele continua a monitorar o grupo no aspecto de tomada de decisões. O facilitador dá suporte de forma direta em vários objetivos da ABP. Primeiro, ele facilita no modelo de resolução de problemas. Em segundo lugar, o facilitador ajuda aos alunos a aprenderem de forma colaborativa. Desta forma, os estudantes tornam-se capazes de construir o conhecimento de forma mais flexível.

Ainda Sobre Hmelo-Silver (2004) existem varias questões na compreensão no papel do facilitador da ABP. Questionamentos do tipo: como um professor já confortável com um pequeno grupo de alunos passa também se sentir confortável para monitorar uma

sala de aula com vários alunos. O papel de facilitador na ABP é um processo delicado, refere-se ao fator de saber executar perguntas corretas para identificar o desenvolvimento dos alunos no processo da ABP. Hmelo-Silver (2004, p.245) Fez observações positivas sobre algumas ações que um facilitador pode executar no processo da ABP conseguindo a atenção dos alunos em uma aula do curso de Medicina. O facilitador utilizando uma variedade de estratégias para apoiar a sua meta de obter dos estudantes de medicina a construção de modelos casuais de doença de um paciente. Ele pediu aos alunos para explicar o seu raciocínio para o ponto onde eles perceberam que as limitações do seu conhecimento exigiram a criação de uma questão de aprendizagem. Outra estratégia era pedir aos alunos como hipóteses relacionadas aos sinais e sintomas do paciente, a fim de incentivar os alunos a elaborar mecanismos causais. Este estudo demonstrou que um facilitador especialista tem um conjunto flexível de estratégias que podem ser adaptados às diferentes fases do processo da ABP.

#### **1.2.4- A reflexão do estudante na ABP**

A reflexão é um processo crítico e benéfico na ABP. De acordo Hmelo-Silver (2004) Reflexão ajuda aos alunos: (a) relacionar os seus novos conhecimentos para sua compreensão prévia, (b) conhecimento conscientemente abstrato, e (c) entender como a sua aprendizagem e as estratégias de resolução de problemas podem ser reaplicados. O processo de reflexão em ABP é designado para dar suporte aos alunos no aspecto de possibilidade de fazer inferências; identificar quais são as lacunas que existem no pensamento e possibilitar a transferência de estratégias na resolução de problemas.

De acordo com Wood (2003) a reflexão critica fornece aos alunos uma base que possibilita uma melhor aprendizagem. Esta reflexão refere-se ao comportamento dos estudantes que não possuem dúvidas e aqueles que possuem dúvidas no questionamento durante a resolução dos problemas. Comentários positivos e negativos fornecem ao grupo de estudantes informações que podem ser usadas de forma colaborativa, assim possibilitando uma auto-aprendizagem. Desta forma, o estudante quando consultar um material que apresenta um conteúdo de forma geral, não necessitará consultar um material com textos especializado do tema estudado em questão.

### **1.2.5- Vantagens e Desvantagens da ABP**

De acordo com Donner e Bickley (1993) e Herrera e Opazo (2015) o processo da aprendizagem baseada em problemas oferece duas vantagens. A primeira consiste em que o processo se torna mais motivador pelo fato que contém mais recursos para que o aluno fique interessado durante a aprendizagem. Por exemplo, é natural que os alunos se preparem estudando para participar as sessões da ABP. A segunda vantagem é que os alunos se tornam adaptados ao um estilo de aprendizagem ativo. Em um currículo de ensino tradicional, os alunos dependem de um material elaborado pelo professor para auxiliá-los. Isso não acontece na aprendizagem baseada em problemas. Os alunos se tornam autores de suas aprendizagens. Wood (2003) lista os principais benefícios do uso da técnica da ABP:

- O estudante é o centro da ABP: o estudante é ativo na aprendizagem, melhorando a sua aprendizagem com reflexão durante a resolução de problemas;
- Desenvolvimento de habilidades: ao passar pelo processo da ABP o aluno passará a desenvolver habilidades que serão úteis em situações cotidianas;
- Integração: a ABP permite a integração de várias disciplinas no processo de ensino-aprendizagem dentro do mesmo contexto;
- Motivação: a ABP torna-se o um processo divertido para os alunos e tutores, além do mais este processo exige que os alunos fiquem envolvidos no processo de aprendizagem;
- Aprendizagem contextualizada: os alunos relacionam os conceitos das disciplinas com atividades diárias;
- Abordagem construtivista: o processo de ABP valoriza o conhecimento prévio dos alunos assim possibilitando uma aprendizagem significativa.

No contexto das desvantagens geradas no uso da ABP nas visões de Donner e Bickley (1993) e Wood (2003) e Leon e Onófrío (2015) é que a exigência ao corpo docente é visualizada na alta carga de trabalho comparada com a exigência dos docentes submetidos a uma abordagem tradicional. No currículo da ABP, a carga horária exigida do corpo docente aumenta proporcionalmente com o número de estudantes. Por exemplo, para cada seis alunos é necessário um membro do corpo docente. De acordo

com Wood (2003), existem mais dificuldades que são geradas no processo da ABP que estão listadas a seguir:

- Tutores que não podem “ensinar”: nesse contexto o professor não pode transmitir conhecimento como acontece na abordagem tradicional. A facilitação na PBL é difícil e pode se tornar frustrante.
- Insegurança por parte dos alunos: pelo fato que os alunos estão acostumados a receber a informação dos professores na abordagem tradicional, os alunos podem sentir insegurança no aspecto do estudo auto dirigido.

### 1.3- A Física nas explicações de fenômenos no trânsito

Tal sessão tem como objetivo deixar de forma clara quais são os conceitos de Cinemática de Dinâmica por trás das explicações dos problemas, cujos fatores foram de motivação para o envolvimento dos alunos em buscas de possíveis soluções. O primeiro problema é voltado à situação de derrapagem de automóveis em curvas planas e inclinadas. O segundo problema é voltado ao tema de influência da distração do motorista ao volante com relação a acidentes de trânsito.

#### 1.3.1- Manobras de automóveis em curvas planas

Um carro (fig. 2) ao realizar uma curva com raio de comprimento  $r$  terá as forças do eixo vertical em equilíbrio. Conforme a equação abaixo, temos o equilíbrio da força de reação normal ao plano ( $N$ ) e a força peso ( $P$ ).

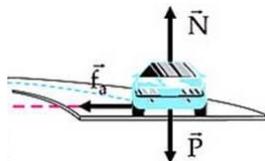


Figura 2- Carro realizando uma manobra em uma curva plana

Fonte: <32enã://www.fisicapaidegua.com/conteudo/conteudo.php?id\_top=010211>, Acesso em 19 out.2016.

$$N = P \quad N = m \cdot g \quad [1]$$

Em que  $m$  é a massa do corpo em movimento e  $g$  é a aceleração da gravidade. No eixo horizontal temos a força centrípeta com direção radial chamada de força centrípeta ( $f_a$ ):

$$f_a = \frac{m \cdot v^2}{r} [2]$$

Segundo Halliday (2008, p.140), “quando uma força tende a fazer um corpo deslizar por uma superfície, uma força de atrito que é paralela a superfície é originada para se opor ao movimento”. A equação que determina o valor da força de atrito é mostrada abaixo:

$$F = \mu \cdot N [3]$$

Onde:

- $\mu$  : é o coeficiente de atrito; esse valor pode variar de acordo o material do corpo e a superfície de contato onde este está se apoiado.
- $N$ : é a força normal que atua entre um corpo e o seu plano de apoio.

Segundo Halliday (2008, p.140), existem dois tipos de força de atrito: a força de atrito estático ( $f_e$ ) que atua em corpos em repouso e a força de atrito cinético que atua em corpos que estão em movimento. Para que não ocorra derrapagem dos automóveis a força que manterá o carro fixo na pista será a força de atrito estático. Nesse contexto, a reação causada pela força centrípeta tem sentido para fora da curva. Portanto, o valor limite da força centrípeta que mantém o carro na pista sem derrapagem tem que ser menor ou igual à força de atrito estático conforme a equação abaixo:

$$f_a \leq f_e [4]$$

Substituindo as equações [2] e [3] na equação [4], temos:

$$\frac{m \cdot v^2}{r} \leq \mu_e \cdot N [5]$$

Inserindo o valor da equação [1] na equação acima obtemos:

$$\frac{m \cdot v^2}{r} \leq \mu e \cdot m \cdot g \quad [6]$$

Resolvendo a equação acima obtemos matematicamente o valor da velocidade limite para o carro não derrapar em uma manobra curvilínea. Para automóveis com velocidades superiores ao valor da velocidade limite o carro sofrerá derrapagem.

$$V = \sqrt{\mu e \cdot g \cdot r} \quad [7]$$

### 1.3.2- Curvas inclinadas

Um dos artifícios usados para evitar que os carros derrapem em curvas, são as inclinações destas. Se a pista estiver seca, o risco de derrapagem é menor. Quando a pista está molhada, a força de atrito se torna menor e a inclinação das curvas é essencial para evitar a derrapagem dos carros. Na figura 3 temos um carro realizando uma curva de raio R e de inclinação  $\theta$ .

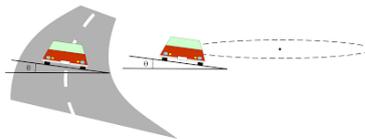


Figura 3- Carro realizando uma manobra em uma curva inclinada

Fonte :< [http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/09/cursos-do-blog-mecanica\\_30.html](http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/09/cursos-do-blog-mecanica_30.html) >, Acesso em 19 out.2016.

Considerando que o carro está na iminência da derrapagem e que o ângulo de inclinação da pista é igual ao ângulo que a força normal faz com o eixo vertical, temos o seguinte diagrama de forças representado na figura abaixo:

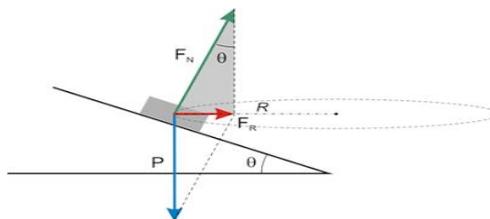


Figura 4- Decomposição das forças em carro realizando uma manobra em curva inclinada

Fonte: < [http://osfundamentosdafisica2.blogspot.com.br/2013/09/cursos-do-blog-mecanica\\_7358.html](http://osfundamentosdafisica2.blogspot.com.br/2013/09/cursos-do-blog-mecanica_7358.html) >, Acesso em 19 out.2016.

As forças FN e Fr são as componentes dos eixos vertical e horizontal respectivamente. Como o carro está realizando movimento somente no eixo horizontal, as forças do eixo vertical entram em equilíbrio.

$$FN \cdot \cos \theta = P. \quad [8]$$

Temos que  $P = m \cdot g$ . Substituindo esses valores na equação [8] acima, obtemos:

$$FN = \frac{m \cdot g}{\cos \theta} \quad [9]$$

Analisando a direção radial como mostra a figura 4, temos que a componente horizontal da força de reação normal é igual à  $Fr = FN \cdot \sin \theta$ . Usando a segunda lei de Newton, temos:

$$FN \cdot \sin \theta = \frac{m \cdot v^2}{R} \quad [10]$$

Combinando os resultados das equações [9] e [10] obtemos a equação que determina a velocidade mínima de inclinação das curvas para não derrapagem dos automóveis é:

$$v = \sqrt{g \cdot R \cdot \tan \theta} \quad [11]$$

### 1.3.3- Distância percorrida por um automóvel até parar

Segundo Tipler (2009, p.27), “cinemática é um ramo da mecânica que lida com as características do movimento”. Tais características são posição, deslocamento, tempo, velocidade e aceleração. Dentro deste contexto, em uma situação cotidiana do trânsito ao avistar um obstáculo, um motorista pisa no freio com o intuito de parar um automóvel e a força de atrito (A) começa a atuar no processo de frenagem conforme mostra a figura [5]. Como existe equilíbrio entre a força de reação normal e a força peso, a força de atrito terá um comportamento como foi demonstrado na equação [3], e atuará como força resultante. Pela segunda lei de Newton, temos:

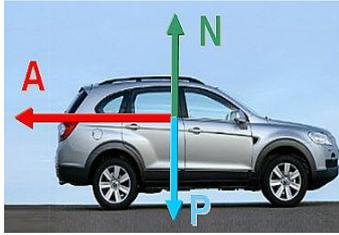


Figura 5 – Decomposições das forças no momento da frenagem

Fonte: < [http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2008-01-27\\_2008-02-02.html](http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2008-01-27_2008-02-02.html) >, Acesso em 19 out.2016.

$$F_{res} = m \cdot a \quad [12]$$

Igualando as equações [1] e [3], vamos obter o valor da desaceleração do carro:

$$a = \mu s \cdot g \quad [13]$$

Admitindo que a velocidade final do percurso igual a zero e substituindo o valor da aceleração da equação [13] na equação de Torricelli, vamos obter o valor da velocidade antes da frenagem:

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot \mu s \cdot g \cdot \Delta S} \quad [14]$$

À distância percorrida por um automóvel no processo de frenagem está dividida em duas etapas como representado na figura 6: As distâncias de reação e frenagem.

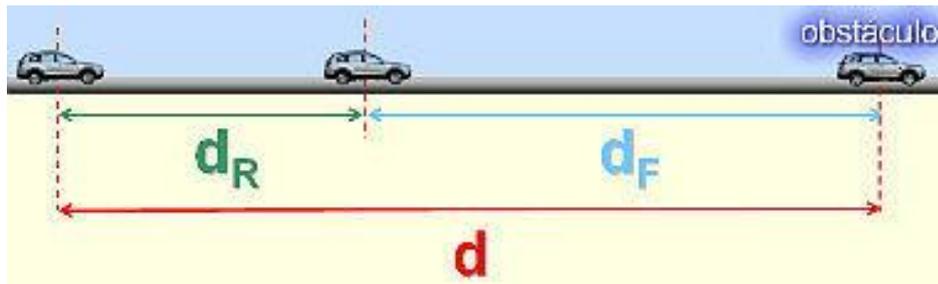


Figura 6-Mostra a distância total percorrida pelo carro no processo da frenagem

Fonte: < [http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2008-01-27\\_2008-02-02.html](http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2008-01-27_2008-02-02.html) >, Acesso em 19 out.2016.

Quando um motorista avista um obstáculo, ele leva algum tempo para reagir e acionar o pedal do freio. Assumindo que nesse tempo gasto de reação a velocidade do carro se manteve constante, a distância ( $d_r$ ) realizada pelo automóvel nesse intervalo de

tempo pode ser calculada com manipulações matemáticas na equação da velocidade média:

$$dR = v_m \cdot \Delta t \quad [15]$$

Após os freios acionados, o automóvel passará a atuar conforme a situação descrita na figura [7] e com manipulações matemáticas na equação [14] podemos encontrar o distancia  $df$  realizada pelo automóvel no momento de frenagem.

$$df = \frac{v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu} \quad [16]$$

Ao final do todo processo, a distância total percorrida pelo automóvel será a soma entre as distâncias de reação e frenagem.

$$Dt = dr + df \quad [17]$$

No capítulo posterior, será relatada a história da utilização do computador na Educação. A diferença do ensino assistido pelo computador e computador como máquina de ensinar, e ambientes interativos de aprendizagem serão temas de discussão.

## 2. MODELAGEM DO PROCESSO DE PROGRAMAR

Neste capítulo será abordada toda discussão do histórico da implantação do computador na educação. Também será destacada uma breve discussão sobre os tipos de abordagens da utilização do computador na educação e as aplicações da utilização do processo de programar e simulação computacional com fins educacionais.

### 2.1- Um breve histórico da implementação do computador na Educação no Brasil:

No uso dos computadores na Educação, dois países são exemplos de tais métodos: Estados Unidos da América (EUA) e França. De acordo com Valente (1999, p.3), nos Estados Unidos o uso dos computadores na Educação é:

completamente descentralizado e independente das decisões governamentais. O seu uso nas escolas é pressionado pelo desenvolvimento tecnológico, necessidade de profissionais qualificados e pela competição estabelecida pelo livre mercado das empresas que produzem software, das universidades e das escolas.

No início dos anos 70 a informática na Educação para as escolas nos Estados Unidos nas escolas de 1º e 2º graus não era diversificada. Em contrapartida, as universidades dos EUA já possuíam diversas experiências com o uso do computador na Educação. De acordo com Valente (1999, p.3):

No início dos anos 60, diversos software de instrução programada foram implementados no computador, concretizando a máquina de ensinar, idealizada por Skinner no início dos anos 50. Nascia a instrução auxiliada por computador ou o *Computer-Aided Instruction* (CAI), produzida por empresas como IBM, RCA e Digital e utilizada principalmente nas universidades. O programa PLATO, produzido pela *Control Data Corporation* e pela Universidade de Illinois, sem dúvida, foi o CAI mais conhecido e mais bem sucedido.

Para Valente (1999, p.3) as duas das limitações dos sistemas CAIs eram que estes foram “implementados em computadores de grande porte, o que restringia o seu uso pelas universidades e dificultava a disseminação desses programas nas escolas elementares e secundárias. Outra limitação era a dificuldade de produção de material instrucional”. Entretanto, com o surgimento dos microcomputadores no início dos anos 80, teve uma grande reviravolta superando tais limitações.

O surgimento dos microcomputadores, principalmente o *Apple* possibilitou a popularização dos microcomputadores nas escolas. Essa conquista permitiu uma

enorme produção e diversificação de CAIs, como tutoriais, programas de demonstração, exercício-e-prática, jogos digitais e avaliação do aprendizado. Outro aspecto citado por Valente (1999, p.3) sobre os benefícios da implantação dos microcomputadores na Educação foi “a divulgação de novas modalidades de uso do computador na Educação, como ferramenta no auxílio de resolução de problemas, na produção de textos, manipulação de banco de dados e controle de processos em tempo real”.

A formação dos professores no sentido na informática na Educação ocorreu de forma desvinculada de ações governamentais e com o objetivo de enfatizar a transmissão da informação. Em contrapartida aos EUA, as decisões educacionais na França ocorreram de forma centralizada nas ações governamentais. A implantação da informática na Educação na França ocorreu em quatro fases. Segundo Valente (1999, p.5), a primeira ocorreu no início dos anos 70:

foi feito um grande investimento na preparação de docentes. Entre 1970 e 1976 foram utilizados minicomputadores e, a partir de 1978, os microcomputadores. Inicialmente, foram formados os professores dos liceus (59, em toda a França) por intermédio de cursos de longa duração: um ano, com meio período diário. Os softwares empregados se caracterizaram como EAO (*Enseignement Assisté par Ordinateur*), o que equivale ao CAI, desenvolvido nos anos 60 nos Estados Unidos. Este tipo de software era adequado às características rígidas dos equipamentos disponíveis e à visão educacional da época.

Ainda de acordo com Valente (1999, p.5), a segunda fase foi nomeada 10.000 Microcomputadores e se iniciou em 1978, com dois objetivos: “desenvolver o uso do computador como ferramenta do processo de ensino de praticamente todas as disciplinas e familiarizar os alunos com a informática”. De acordo com Valente (1999, p.5) a terceira fase está relacionada com:

“ o terceiro plano nacional, *Informatique pour Tous* (início da implantação em 1985), onde houve maior proliferação da informática no âmbito das instituições escolares. Os objetivos continuavam sendo a aquisição do domínio técnico do uso do software e a integração de ferramentas computacionais ao processo pedagógico. O programa de informática na educação da França não tinha como objetivo fundamental a mudança pedagógica, mas sim a preparação do aluno para ser capaz de usar a tecnologia da informática”.

Ainda sobre Valente (1999, p.5), a quarta fase da implantação da informática na Educação na França teve seu início nos anos 90. Isso aconteceu devido à dispersão dos computadores nas escolas, notadamente os liceus, colégios e escolas secundárias. O centro de documentação e informação (CDI) foi criado com o objetivo de gerir o acervo disponível e o atendimento de livre serviço. Houve também uma mudança nas salas de

aulas das disciplinas de Físco-Química, História-Geografia, em termos de acesso com computadores, *interfaces* e *software* específicos, possibilitando a realização de experiências assistidas pelo computador.

De acordo com Valente (1999, p.7), existiam vários trabalhos que inseriram a informática na Educação. Os trabalhos são foram realizados na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), no ano de 1973, no Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde e o Centro Latino-Americano de Tecnologia Educacional (NUTES/CLATES) no ensino de Química um software de simulação; a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no mesmo ano, realizou algumas experiências com alunos de graduação com o uso de simulação de fenômenos de Física. Com o grande acervo das pesquisas com foco na implementação dos computadores na educação resultou em seminários em que:

[...]estabeleceram um programa de atuação que originou o EDUCOM e que foi implantado pela Secretaria Especial de Informática (SEI) e pelo MEC, com suporte do CNPq e FINEP, órgãos do MCT. O EDUCOM permitiu a formação de pesquisadores das universidades e de profissionais das escolas públicas que possibilitaram a realização de diversas ações iniciadas pelo MEC, como realização de Concursos Nacional de Software Educacional (em 1986, 1987 e 1988). (VALENTE, 1999, p.7)

O Programa da Informática na Educação no Brasil possui três diferenças, comparado com os Estados Unidos e França. De acordo com Valente (1999, p.8) a primeira diferença é:

a relação que se estabeleceu entre os órgãos de pesquisa e a escola pública. Na França, as políticas implantadas pelo governo não foram necessariamente frutos da pesquisa e não houve o estabelecimento de uma ligação direta entre os centros de pesquisa e escola pública. Nos Estados Unidos, embora tenham sido produzidas inúmeras pesquisas, estas podiam ou não ser adotadas pela escola interessada em implantar a informática.

Segundo Valente (1999, p.8), a segunda diferença entre o programa brasileiro e o francês e americano é a “descentralização das políticas e sistemática de trabalho estabelecida entre o MEC e as instituições que desenvolvem atividades de informática na educação”. Ainda segundo Valente (1999, p.8) a terceira diferença é:

a proposta pedagógica e o papel que o computador desempenha no processo educacional. Nesse aspecto, o programa brasileiro de informática na educação é bastante peculiar comparado com o que foi proposto em outros países. No nosso programa, o papel do computador é o de provocar mudanças

pedagógicas profundas, em vez de “automatizar o ensino” ou preparar o aluno para ser capaz de trabalhar com a informática.

Dentro desta proposta o computador dentro da Educação é uma ferramenta que possibilita não somente a transmissão de conhecimento, mas ajudar ao aluno a construir o conhecimento.

## **2.2- Formação dos professores**

A formação de professores no contexto da Informática na Educação no Brasil começou no ano de 1983. Essa formação surgiu com várias abordagens de distintas características, que foram explanadas por limitações técnicas e financeiras, pelo nível de conhecimento que os pesquisadores da determinada área detinham. De acordo com Valente (1999, p.131) as abordagens que surgiram são:

A primeira abordagem pode ser caracterizada como mentorial e foi utilizada durante o início do projeto EDUCOM. Uma segunda foi elaborada para atender à demanda da disseminação da informática nos Centros de Informática na Educação (CIEs) e pode ser caracterizada como a massificação da formação, como aconteceu nos diversos cursos FORMAR e está acontecendo na capacitação de professores multiplicadores dos Núcleos de Tecnologia Educacional (NTEs). Uma terceira abordagem pode ser caracterizada como a formação de professores que acontece nas escolas onde atuam, porém, uma formação totalmente presencial.

De acordo com Valente (1999) o projeto EDUCOM foi implantando em cinco centros: UFPE, UFMG, UFRJ, UNICAMP, UFRGS. Segundo Valente (1999, p.32) a característica dos projetos EDUCOM é que:

Todos esses projetos trabalharam, primordialmente, com escolas públicas e desenvolveram atividades de pesquisa e formação, de acordo com as suas especificidades. A formação inicial da equipe de cada centro foi realizada em termos de reuniões de trabalho, cursos e oficinas realizadas pelo próprio pessoal do centro ou mesmo realizando trabalho nas escolas, na elaboração de material de apoio na forma de textos ou programas computacionais e formando os monitores que atuavam no projeto.

Ainda sobre Valente (1999), por mais que essa abordagem apresente aspectos positivos, o principal aspecto negativo é o número de pessoas que o projeto EDUCOM atinge. Tais limitações deram origem aos projetos Formar I e II. De acordo com Valente (1999, p.133) “o FORMAR I teve como objetivo principal a formação de professores para implantarem os Centros de Informática na Educação vinculados às Secretarias Estaduais de Educação (CIEs), e o FORMAR II a implantação do Centros nas Escolas Técnicas Federais (CIET) ou no ensino superior (CIES)”. Com isso, o principal objetivo dos projetos Formar I e II era espalhar os conhecimentos da informática na Educação

para os demais centros, não somente no cinco centros do EDUCOM. Ainda de acordo com Valente (1999, p.134), o Formar I e II apresentaram aspectos positivos como:

Primeiro, propiciaram a preparação de profissionais da educação que não tinham tido contato com o computador e que foram responsáveis pelas atividades nos Centros de Informática na Educação ou nas respectivas instituições de origem. Em segundo lugar, o curso propiciou uma visão ampla sobre os diferentes aspectos envolvidos na informática na educação, tanto do ponto de vista computacional, quanto pedagógico. Terceiro, o fato de o curso ter sido ministrado por especialistas da área de, praticamente, todos os centros do Brasil, propiciou o conhecimento dos múltiplos e variados tipos de pesquisa e de trabalho que estavam sendo realizados em informática na educação no país.

Ainda segundo Valente (1999), os projetos Formar I e II apresentavam aspectos negativos. O primeiro fator negativo é que eles foram realizados em espaços geográficos distante do local de trabalho dos participantes. O segundo aspecto negativo é que foi minimizado o custo de manutenção do professor ou profissional da secretaria no curso. E por fim, o terceiro aspecto negativo está no fato que quando os participantes retornaram aos seus locais de trabalho, encontraram dificuldades para a implantação da informática na Educação, pelo fato que as escolas não possuíam equipamentos de informática e também existia a falta de interesse por parte da estrutura educacional.

Buscando a formação dos professores de forma contextualizada onde possibilite superar as dificuldades encontradas nas abordagens do Formar I e II, deu início à formação baseada no construcionismo contextualizado. De acordo com Valente (1999, p.135):

o termo 'Construcionista' significa a construção de conhecimento baseada na realização concreta de uma ação que produz um produto palpável (um artigo, um projeto, um objeto) de interesse pessoal de quem produz. Contextualizada, no sentido do produto ser vinculado à realidade da pessoa ou do local onde vai ser produzido e utilizado.

De acordo com Valente (1999, p.135) *apud* (Freire & Prado, 1996), a formação construcionista-contextualizada “significa um curso fortemente baseado no uso do computador, realizado na escola onde esses professores atuam, criando condições para os professores aplicarem os conhecimentos com os seus alunos, como parte do processo de formação”.

Ainda sobre Valente (1999) esse tipo de formação é baseado em três ações: a primeira destaca o fato que o professor aprende a desenvolver uma tarefa usando o computador; a segunda ação é o uso do computador com os alunos. Nessa ação o

principal objetivo é oferecer aos docentes a oportunidade de como usar o computador com os alunos; a terceira ação destaca que os docentes devem elaborar um projeto pedagógico, detalhando e descrevendo como devem utilizar o computador em sua disciplina. Valente (1999, p.136) define as principais vantagens do uso da abordagem Construcionista-contextualizada como:

Primeiro, o conhecimento adquirido é contextualizado. A familiaridade dos professores com o computador acontece por meio do uso do computador da escola, com o sistema computacional e com a rede de computadores montada na escola. Segundo, os professores não deixam o seu local de trabalho e não têm que interromper a sua prática de ensino. As atividades do curso de formação podem ser organizadas de acordo com os seus horários. Terceiro, o instrutor do curso pode ser mais efetivo. Ele pode vivenciar e entender as idiossincrasias daquela escola, de modo que as soluções pedagógicas e administrativas possam ser baseadas na realidade da comunidade escolar.

De acordo com Valente (1999, p.138), a única desvantagem da abordagem Construcionista- Contextualizada “é que ele exige a presença constante da equipe do curso na escola para dar suporte a esse professor em formação e para auxiliá-lo na resolução de idiossincrasias que, se não resolvidas, podem inviabilizar a implantação da informática na escola”. Entretanto, de acordo com Valente (1999), para sanar essa dificuldade foi implantada o uso internet como ferramenta facilitadora na interação entre a equipe formadora e os participantes da formação. Nesse contexto, a equipe do curso não precisaria estar todos os momentos de forma presencial nas escolas

### **2.3- Computador como máquina de ensinar x Ambientes interativos de aprendizagem:**

Uns dos métodos usados com recursos da computação implantada na Educação foi o ensino assistido ou auxiliado por computador. Segundo Baranauskas et al ( 1999, p.50) tal método parte do pressuposto de que a “informação é a unidade fundamental no ensino e, portanto, preocupa-se com os processos de como adquirir, armazenar, representar e principalmente transmitir informação”. Na visão de Blikstein (2016, p.841):

o uso tradicional da tecnologia nas escolas tem seu próprio currículo oculto: transformar os alunos em consumidores de *software*, não em produtores; aqueles que se adaptam às máquinas e não os que as reinventam; aqueles que aceitam os computadores como caixas-pretas que apenas especialistas podem entender, programar ou consertar.

Outro método de ensino que se contrapõe ao ensino assistido pelo computador são os Ambientes Interativos de Aprendizado. Segundo Thompson (1987) *apud* Baranauskas et al (1999, p.50), em tal método “o aprendizado é entendido como a construção individual do conhecimento a partir de atividades de exploração, investigação e descoberta”. A figura 7 descreve um esquema que representa a linha de como o processo de ensino de aprendizagem ocorre:



Figura7- Diferença do ensino assistido pelo computador e computador como máquina de ensinar

Fonte: Disponível em: < <http://meuartigo.brasilecola.uol.com.br/educacao/a-informatica-aplicada-na-educacao.htm> > , Acesso em 02 de março de 2017.

A seta do lado esquerdo representa a linha de ensino assistido pelo computador, em que o conhecimento parte do computador até chegar ao aluno. A segunda seta representa os ambientes interativos de aprendizagem, onde o aluno constrói o conhecimento por meio do computador. Ainda sobre Baranauskas et al (1999, p.54) os princípios dos ambientes interativos de aprendizagem incluem:

- **Construção e não instrução:** estudantes aprendem mais efetivamente construindo seu próprio conhecimento, não sendo ensinados por meio da leitura, nem por meio de uma seqüência organizada de exercício-e-prática;
- **Controle do estudante e não controle do sistema:** o estudante tem um controle não exclusivo, porém mais significativo da interação na aprendizagem.

• **Individualização é determinada pelo estudante e não pelo sistema:** AIA concorda com os Tis no sentido de que *feedback* e informação individualizada são chaves na aprendizagem. Entretanto, eles diferem no ponto de onde a informação individualizada é originada. Enquanto o tutor é responsável por moldar o *feedback* dentro de um TI, nos AIAs os estudantes geralmente recebem o mesmo *feedback* e informação como função de sua interação com o sistema, esta sim individualizada.

• **Feedback rico, gerado a partir da interação do estudante com o ambiente de aprendizagem e não pelo sistema:** o *feedback* é gerado como função das escolhas e ações do estudante dentro do ambiente de aprendizagem, em vez de um discurso gerado pelo sistema tutor.

Alguns exemplos de ambientes interativos de aprendizagem são os Ambientes de programação e micromundos. De acordo Papert (1980) *apud* Baranauskas et al (1999,p.57), o micromundo é um “ subconjunto da realidade ou uma realidade construída, cuja estrutura casa com a estrutura cognitiva de maneira a prover um ambiente em que esta pode operar efetivamente ”.

#### **2.4- A escola que estimula compreender: novos papéis do professor e aluno**

Valente (1999, p.35) explica como ocorre o processo de ensino em uma escola tradicional como “os alunos adquirem a mesma informação por meio da palavra oral, os horários são fixos e necessários a presença do professor e dos alunos no mesmo espaço físico. O aspecto social da interação entre alunos fica restrito à dimensão lúdica, já que os alunos não têm chance de trabalhar juntos, em uma atividade acadêmica”.

Dentro de um contexto de uma forma de ensino que se contraponha à visão tradicional, na perspectiva de Valente (1999), as novas escolas devem ter como principal foco poder desenvolver a capacidade reflexiva aos alunos. E estes, desta forma, devem ter um papel central no processo de aprendizagem.

Valente (1999, p.36) descreve que o professor “desenvolva mecanismos, tais como: o constante questionamento e a reflexão sobre os resultados do trabalho com o

aluno, para poder depurar e aprimorar a efetividade de sua atuação no novo ambiente de aprendizagem”. Para o papel do aluno, Valente (1999, P.36) define como “deve ser ativo: sair da passividade de quem só recebe para se tornar ativo caçador da informação, de problemas para resolver e de assuntos para pesquisar”.

## **2.5- Aquisição do conhecimento no processo de programar:**

De acordo com o Baranauskas et al (1999, p.56) “o uso de programação tem grande destaque como ferramenta educacional, pois por intermédio da resolução de problemas via uma linguagem de programação, tem-se descrição do processo utilizado pelo aluno para resolver uma tarefa”. Portanto, nesse sentido, os ambientes de programação podem ser também entendidos como micromundos.

De acordo com Valente (1999, p.91), a análise da atividade de programar permite identificar diversas ações que o aluno realiza no processo de aquisição do conhecimento:

- **descrição da resolução do problema em termos da linguagem de programação.** Isso significa utilizar toda a estrutura de conhecimento (conceitos envolvidos no problema, estratégias de aplicação dos conceitos, conceitos sobre o computador, sobre a linguagem etc.) para representar e explicitar os passos da resolução do problema em termos da linguagem de programação;
- **execução dessa descrição pelo computador.** A descrição de como o problema é resolvido em termos de uma linguagem de programação que pode ser executada pelo computador. Essa execução fornece um “feedback” fiel e imediato, desprovido de qualquer animosidade ou afetividade que possa haver entre o aluno e o computador.
- **reflexão sobre o que foi produzido pelo computador.** O processo de refletir sobre o resultado do programa pode acarretar uma das seguintes ações alternativas: ou o aprendiz não modifica o seu procedimento porque as suas ideias iniciais sobre a resolução daquele problema correspondem aos resultados

apresentados pelo computador e, então, o problema está resolvido; ou depura o procedimento, quando o resultado é diferente da sua intenção original;

- **depuração dos conhecimentos por intermédio da busca de novas informações ou do pensar.** O aprendiz pode buscar informação sobre: conceitos de uma determinada área (ele não sabe o conceito de ângulo ou álgebra), alguma convenção da linguagem de programação, computação ou estratégias (ele não sabe como usar técnicas de resolução de problemas ou aplicar os conceitos adquiridos). Essa informação é assimilada pela estrutura mental (passa a ser conhecimento) e utilizada no programa para modificar a descrição anteriormente definida. Nesse momento, repete-se o ciclo descrição-execução-reflexão-depuração-descrição.

Ainda sobre Valente (1999, p.92) para que ocorra o ciclo descrição-execução-reflexão-depuração-descrição “interação aluno-computador precisa ser mediada por um profissional agente de aprendizagem que tenha conhecimento do significado do processo de aprender por intermédio da construção de conhecimento”. Citando a contribuição dos ambientes de programação temos Alves et al. (2002) que demonstraram em seu trabalho que ao inserir a aprendizagem de conceitos de Física os alunos tiveram grande enriquecimento de uma aprendizagem colaborativa, além disso, ao testar os programas produzidos, a compreensão com relação aos conceitos de Física aumentaram. E, por fim, quando os programas foram feitos e testados, foram percebidos como ferramentas ricas em satisfazer a investigação entre os temas relacionados.

De Jong (2017) faz mensurações diretas no uso da utilização da aprendizagem guiada com simulações de problemas reais através do computador. No entanto, para o autor não é o uso somente da simulação computacional que pode inovar no processo de aprendizagem e sim algumas ações do tipo (orientação, hipóteses, investigação, conclusões e reflexões) utilizadas com a simulação computacional, podem fornecer resultados benéficos nos níveis cognitivos dos estudantes.

De acordo com de Jong (2017) a orientação é fundamental no processo de aprendizagem com simulação. Neste processo os alunos recebem instruções em que os ajudam a identificar variáveis importantes para testes no processo da simulação. Isso possibilita aos estudantes desenvolverem habilidades como hipóteses vinculadas à orientação e altos níveis de aprendizagem.

Conforme de Jong (2017) os estudantes podem prever a partir de hipóteses quais são os possíveis resultados dos testes com as variáveis selecionadas. Porém, formular hipóteses não é um trabalho fácil para os estudantes. Um suporte que forneça ajuda na elaboração das hipóteses é de suma importância para obtenção dos resultados.

Segundo de Jong(2017) a investigação é um tipo de estratégia implica que uma única variável tem seus valores alterados. As demais variáveis são mantidas constantes e os efeitos causados nos testes é responsabilidade pelo efeito da variável que tem seu valor alterado.

De acordo com de Jong (2017) ao final do processo os estudantes devem combinar suas hipóteses com os dados coletados no experimento e verificar se as hipóteses são validadas ou não.

Na atividade de reflexão é necessário instigar aos estudantes a refletir sobre os que eles fazem durante os experimentos. Para isso de Jong (2017) propões três passos para obter tal objetivo: a) Mostrar aos estudantes suas próprias metas do experimento, previsões e conclusões; b) Verificar as reflexões dos estudantes à medida que eles são questionados durante o experimento; e c) Instigar os estudantes a pensarem sobre os processos em que eles passaram e o que construíram durante o experimento. No próximo capítulo serão relatados todos os procedimentos metodológicos que serviram de base da aplicação do presente trabalho.

### **3- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Neste capítulo serão apresentados os percursos metodológicos referentes a este estudo. A abordagem da pesquisa possui ênfase nos recursos da aprendizagem baseada em problemas e suas possibilidades quanto à discussão de duas situações problemas sobre o trânsito e o quanto pode contribuir no processo de evolução dos modelos mentais dos alunos com relação aos conceitos Cinemática e Dinâmica, em que as evoluções de tais modelos serão dadas na passagem de respostas por parte dos alunos com aspectos individuais até generalizados acerca das soluções dos problemas, fazendo a relação de modelos mentais matemáticos com modelos conceituais fundamentados nas relações do mundo visual com a Física na perspectiva dos alunos. A metodologia da pesquisa vem sendo aplicada abordando várias áreas de conhecimento. Os resultados referentes às suas contribuições no campo educacional se apresentam promissores.

Também será abordado sobre como os ambientes de programação voltados para o ensino podem contribuir no processo de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, serão demonstradas todas as ações pedagógicas (descrição da resolução do problema em termos de linguagem de programação, execução da descrição, reflexão sobre os resultados fornecidos pelo computador e se necessário a depuração da solução do problema) expostas pelo o processo de programar dos alunos.

Será apresentado o software *Visualg* quanto às contribuições para o desenvolvimento no processo de ensino e aprendizagem, especialmente quando é observado que o aluno se torna o centro do processo de aprendizagem.

#### **3.1- Local da pesquisa**

O estudo foi realizado na escola particular Atheneu situado no bairro Tabuleiro do Martins, na cidade Maceió-AL. O espaço contou com salas climatizadas que foram disponibilizadas para o acontecimento das reuniões, garantido o conforto dos participantes.

A escolha por este espaço se deu pelo fato que o pesquisador faz parte do corpo docente da escola e mesmo a instituição não apresentando um laboratório de

informática, os participantes se colocaram à disposição para conseguir computadores para participar da pesquisa. Assim facilitamos as coletas de dados nesse ambiente.

### **3.2- Sujeito da pesquisa**

A escola foi contatada sobre a aplicação da pesquisa em seu ambiente físico. Ao total, dez estudantes do Ensino Médio foram selecionados para participar da pesquisa.

Os alunos selecionados para participar da pesquisa eram de turmas de 2º e 3º anos do Ensino Médio de uma escola da rede particular. Entre esses dez alunos foram organizados em dois grupos compostos com cinco alunos, sendo um composto com alunos do segundo ano e outro composto por alunos do terceiro ano. Tal organização foi realizada para confrontar os modelos mentais produzidos por cada grupo.

Como critério de inclusão, foi determinado à familiaridade/afinidade dos alunos com alguma linguagem de programação computacional. Mesmo que o aluno não tivesse vivências anteriores com linguagem de programação computacional, a disposição para mexer nessa ferramenta também definiu como critério de inclusão na pesquisa. Foi definido como critério de exclusão do estudo o aluno que não tivesse afinidade com alguma linguagem de programação computacional e que não estivesse disposto a aprender a manipular tal ferramenta. Outro critério de exclusão da pesquisa foi a não disponibilidade dos alunos em horário contrário das atividades curriculares da escola. Tal critério foi crucial pelo fato que a pesquisa ocorreu em horário contrário às atividades curriculares escolar dos alunos.

### **3.3- Primeira etapa: abordagem e discussão sobre o problema**

De acordo com Borges et al. (2014), a primeira fase da ABP consiste em uma reunião em que deve apresentar os problemas aos alunos. O grupo deve identificar os pontos principais dos problemas e discuti-los utilizando conhecimentos previamente adquiridos e experiências de vida. Nesta etapa da ABP ocorre também o processo de orientação citado por De Jong (2017), a discussão acerca das soluções do problemas permite que os alunos possam identificar quais são as variáveis e realizar conexões entre elas.

Nessa etapa foram apresentados aos os estudantes do Ensino Médio dois vídeos nos quais continham problemas que envolviam conceitos de segurança do trânsito. Tais problemas foram selecionados, pois traziam dois aspectos: relacionavam as realidades

de vivência dos alunos com os conceitos de Física e exploravam aspectos para confrontar as ideias dos alunos para realização da transição de respostas individuais para generalizadas a cerca da solução do problemas. O primeiro vídeo apresentava uma situação em que existia derrapagem em uma curva. A situação problema proposta foi verificar quais eram as variáveis que são determinantes no processo da derrapagem nas curvas e quais eram as medidas segurança a serem tomadas.



Figura 8 – Vídeo com situação problema para discussão do grupo focal

Fonte: Disponível em : < <https://www.youtube.com/watch?v=3n-zkdM7kug&t=5s> > Acesso em 02 de março de 2017.

O segundo vídeo apresentava uma situação problema com a relação da distração ao volante, quais são as variáveis determinantes que estão relacionadas e que são influenciadas pelo tempo de distração de um motorista ao volante, e se esse fator é de suma importância para a ocorrência de acidentes no trânsito.



Figura 9– Vídeo com situação problema para discussão do grupo focal

Fonte: Disponível em : < <https://www.youtube.com/watch?v=Hxrfexmu8-E&t=4s> > Acesso em 02 de março de 2017.

Posteriormente com realização de um grupo focal de aproximadamente de uma hora, os alunos discutiram a partir de seus conhecimentos prévios, sobre os conceitos de Física que estão por trás das duas situações problemas e sobre as possíveis soluções das duas situações propostas. O grupo focal também teve como principal objetivo a verificação dos modelos mentais conceituais em aspectos visuais por parte dos alunos com relação aos conceitos de Física envolvidos nas soluções dos problemas propostos. Dentro deste contexto, foi possível demarcar como referencial, o ponto de partida dos modelos mentais dos alunos e realizar uma análise comparativa fazendo a conexão dos modelos visuais com os modelos matemáticos a partir da observação sobre como se deu a transição de respostas individuais para generalizadas.

### **3.4- Segunda etapa: criação de alternativas para solução do problema**

Segundo Borges et al. (2014, p.305) “No re-encontro do grupo após o estudo individual, os estudantes irão explicitar o produto de suas pesquisas de forma contextualizada, aplicando os novos conhecimentos à resolução das questões elaboradas e à elucidação dos problemas levantados na primeira sessão”. Nessa etapa, os alunos apresentaram com mais propriedade os argumentos que continham conceitos de Cinemática e Dinâmica por trás na segurança de trânsito, com base na bibliografia consultada. Os alunos apresentaram esses conteúdos recorrendo a conteúdos de Física do primeiro ano do Ensino Médio. Ao final, os alunos escolheram equações matemáticas que melhor representavam a situações apresentadas nos dois vídeos e, com isso, a possibilidade da construção de um algoritmo para fazer previsões futuras e testes acerca das soluções dos problemas fornecidas pelos alunos. Desta forma, foi possível verificar os modelos mentais conceituais com influências diretas nos modelos matemáticos. Outro fato importante nesta etapa foi à possibilidade dos alunos organizarem as variáveis em principal e secundária acerca da solução do problema. Esse fato corroborou para o processo de hipótese citado por De Jong (2017), com as hipóteses realizada pelos alunos foi possível verificar mais profundamente as relações dos modelos mentais conceituais e matemáticos dos alunos.

### 3.5- Terceira etapa: construção do programa computacional e ações no processo de programar

Nesta etapa foi apresentando aos alunos o programa *Visualg* com o intuito de explorar e construir algoritmos para a resolução dos problemas. *Visualg* é um aplicativo que fornece ferramentas para digitar, executar e depurar o pseudocódigo para resolver problemas. O objetivo da linguagem do *Visualg* é fornecer um ambiente de programação no idioma português do Brasil utilizando para tal o “Portugol” muito requisitado na bibliografia da área. Abaixo está descrito algumas das principais características estruturais da linguagem do *Visualg*:

- ✓ O *VisuAlg* permite apenas um comando por linha;
- ✓ Todas as palavras-chave do *VisuAlg* foram implementadas sem acentos, cedilha, etc;
- ✓ O *VisuAlg* não distingue maiúsculas e minúsculas no reconhecimento de palavras-chave e nomes de variáveis;
- ✓ Permite a inclusão de comentários sendo antecedido do termo “//” .

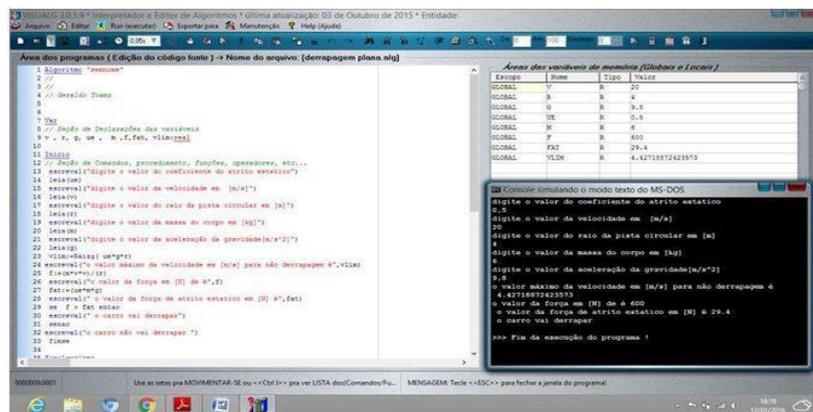


Figura 10 – Algoritmo sendo rodado no *Visualg*

Fonte: Autor

Nessa etapa, os alunos construíram os algoritmos com as equações matemáticas que foram determinadas pela pesquisa deles. A escolha do *Visualg* como ferramenta da presente pesquisa se justificou porque corrobora para atender as ações especificadas por Valente (1999) no ato de programar. Os alunos realizam diversas ações no processo de

programar. Ações como descrição da resolução do problema em termos da linguagem de programação; execução dessa descrição pelo computador; reflexão sobre o que foi produzido pelo computador; depuração dos conhecimentos por intermédio da busca de novas informações ou do pensar.

Na situação problema da derrapagem de automóveis em curvas, os alunos dos dois grupos fragmentaram o problema em duas partes: derrapagem em curvas planas e inclinadas. Os dois grupos escolheram uma equação em que a variável velocidade era um fator determinante na derrapagem dos automóveis. No segundo problema, cujo tema era a influência da distração do motorista ao volante, os dois grupos escolheram uma equação em que a distância total percorrida por um automóvel é o fator determinante para a ocorrência de acidentes de colisões. Nesse contexto, foi possível realizar as conexões entre os modelos mentais conceituais e os matemáticos. Nesse sentido, os algoritmos foram construídos com condições lógicas em funções das duas variáveis determinantes nas duas situações problema propostas. Para motivar o processo de reflexão dos alunos, foi solicitado que os alunos testassem os algoritmos alterando os valores das demais variáveis envolvidas em cada problema e observassem o que acontecia com os resultados obtidos e realizar comparações com as respostas de causas e consequências destacadas na primeira etapa da pesquisa. A partir dessa comparação os alunos iriam decidir se realizariam o processo de depuração ou se davam por satisfeitos com a solução dos problemas encontradas por eles.

### **3.6- Quarta etapa: apresentação do trabalho produzido ao Público**

Nessa etapa, os alunos organizaram uma apresentação ao público com o intuito de demonstrar os algoritmos e abordar alguns aspectos da educação do trânsito. Essa apresentação foi realizada para melhor verificação como os objetivos da aprendizagem contribuíram na evolução dos modelos mentais dos alunos. Segundo Hmelo-Silver (2004), entre os principais objetivos da aprendizagem baseada em problemas está a construção de uma base de conhecimento flexível e extensa. Portanto, durante a apresentação, foi possível verificar devido às perguntas realizadas pelo público o quanto os alunos produziram de conhecimento e se eles conseguiriam mesmo com novas situações, relacionar os conhecimentos aprendidos para solução de novos problemas.

### 3.7- Análise dos resultados

Nesse estudo foi usado o método da análise de conteúdo para analisar os dados coletados na presente pesquisa. De acordo com Campos (2004, p.611), tal método é compreendido como “um conjunto de técnicas de pesquisa cujo objetivo é a busca do sentido ou dos sentidos de um documento”.

Na visão de Bardin (2011), é um conjunto de técnicas no campo da análise de comunicações. Neste contexto, Campos (2004) destaca a importância semântica no desenvolvimento do método. Entende-se por semântica a pesquisa do sentido de um texto. Assim, faz-se necessário delinear os campos do método da análise de conteúdo. Entre eles se encontram o lado da linguística tradicional, em que a análise de conteúdo focará os métodos lógicos estáticos, buscando características formais do autor no texto. Outro campo da análise de conteúdo é o território da interpretação do sentido das palavras. Dentro da discussão do conteúdo, Campos (2004, p.612) faz a seguinte observação:

O conteúdo de uma comunicação, não obstante a fala humana é tão rica e apresenta uma visão polissêmica e valiosa, que notadamente permite ao pesquisador qualitativo uma variedade de interpretações. Talvez o maior “nó” em relação à abordagem desses conteúdos está em como visualizá-lo no campo objetivo, a princípio mais palpável; e no campo simbólico, ou seja, naquilo que não está aparente na mensagem.

Nesse sentido, para o pesquisador qualitativo, tal momento se torna de suma importância, pois a partir de uma projeção subjetiva os resultados da pesquisa devem refletir os objetivos da mesma. Dentro deste contexto, na visão de Campos (2004, p.613) a análise de conteúdo:

Não deve ser extremamente vinculada ao texto ou a técnica, num formalismo excessivo, que prejudique a criatividade e a capacidade intuitiva do pesquisador, por conseguinte, nem tão subjetiva, levando-se a impor as suas próprias idéias ou valores, no qual o texto passe a funcionar meramente como confirmador dessas.

Nesse contexto, para ajudar o processo da análise de conteúdo, foi escolhido o software *Atlas Ti 7* (fig.11). Tal software é uma ferramenta disponível no [link http://atlasti.com/free-trial-version/](http://atlasti.com/free-trial-version/), que permite ao usuário realizar transcrições de texto escrito, audiovisual e gravações. Com a criação de categorias e seus códigos classificados por gêneros, é possível a criação de diagramas com relações semânticas dos códigos extraídos das falas dos participantes, produzidas por meio das etapas da metodologia do processo.



Figura 11- Área de trabalho do programa *atlas.ti 7*.

Fonte: O autor, 2016.

Ao utilizar os recursos do *atlas .ti 7* foi possível fazer uma análise das falas dos alunos nos grupos focais e, por intermédio da análise de conteúdo, transcrever de forma gráfica os modelos mentais dos alunos. Tópicos das discussões por meio dos dados coletados da aplicação da pesquisa são temas de discussão do capítulo posterior.

## **4- ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS**

Neste capítulo apresentamos os dados coletados nas etapas estabelecidas na Aprendizagem Baseada em Problemas por meio dos instrumentos descritos na seção 3.7 e as análises dos resultados. De princípio será destacado os Modelos Mentais conceituais provenientes do primeiro encontro da aprendizagem baseada em problemas, em que o maior foco foi visualizar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os problemas estudados em questão. Posteriormente foi denotada a análise das relações dos Modelos Mentais Conceituais com os Modelos matemáticos coletados durante a verificação das soluções dos problemas apresentadas pelos alunos no segundo encontro da aprendizagem baseada em problemas. Em seguida, são destacados os testes dos Modelos Mentais Conceituais e Matemáticos durante o processo de programação realizado pelos alunos. E por fim são denotadas as flexibilidades dos modelos Mentais dos alunos participantes da pesquisa durante a apresentação ao público realizada pelos alunos durante o trabalho produzido.

### **4.1- Primeiro encontro: Discussões prévias acerca das soluções dos problemas.**

Na visão de Donner e Bickley (1993) e Hmelo-Silver (2004) o problema apresentado aos alunos deve ser elaborado de forma contextualizada, gerando discussões entre o grupo. Neste trabalho, os problemas apresentados aos alunos envolveram segurança no trânsito, um tema atual e que possibilitou aos alunos usarem seus conhecimentos prévios em específico em Física. O fato que ficou evidenciado nos dois grupos foi que os alunos tentaram justificar suas respostas com recursos de causas de conseqüências. Isto coincidiu com os resultados do trabalho de Souza e Moreira (2000). Desta forma, com análise das falas dos participantes, foi montando de forma gráfica os modelos mentais dos participantes durante a pesquisa e assim construídos um parâmetro de comparação para verificar as evoluções dos mesmos ao decorrer de cada etapa. Os critérios de utilizados para visualização dos modelos mentais foram as conexões de causas e conseqüências com as variáveis físicas dos problemas estudados em questão.

#### 4.1.1-Problema de derrapagens em curvas

No problema sobre derrapagem de automóveis em curvas, os dois grupos não conseguiram expressar de forma clara uma única variável determinante para a ocorrência ou não de derrapagem. Esse fato apresenta discórdias com um Modelo Mental esperado no qual apresenta soluções claras em que a variável principal do problema é determinada. Portanto, a análise foi organizada em forma de categorias formadas por variáveis essenciais na ocorrência de derrapagens em curvas, assim classificadas previamente pelos alunos. A seguir, é destacada de forma gráfica uma representação geral dos modelos mentais e posteriormente são apresentadas as falas dos alunos do terceiro ano na categoria “variável velocidade como influência na derrapagem”:

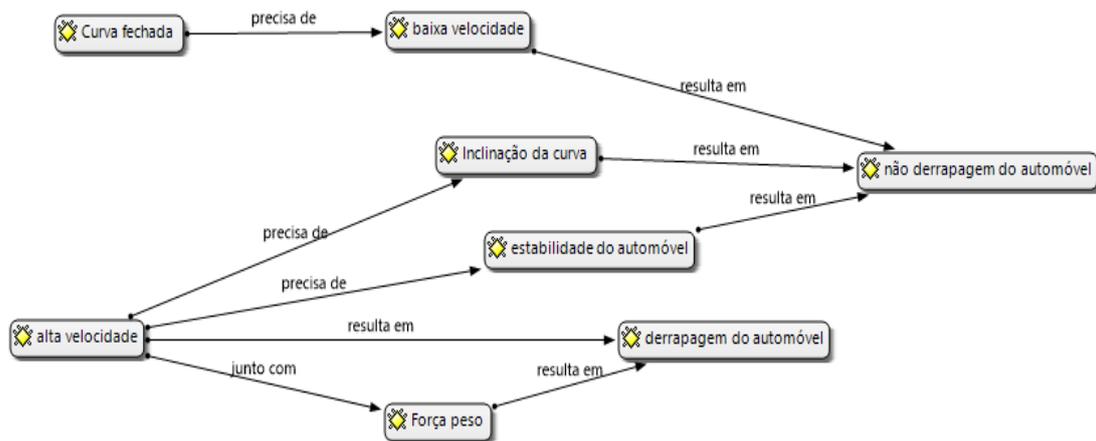


Figura 12- Influência da velocidade na derrapagem- alunos do terceiro ano.

Fonte: O autor, 2016.

Aluno 3.4: *precisa de uma velocidade limite na curva. No caso do vídeo, dependendo da inclinação da curva, o carro escapou, pois estava fora da velocidade limite.*

Aluno 3.1: *A atenção do motorista conta no fator da velocidade do carro. Pois mesmo que a curva seja projetada de forma correta, se o motorista estiver em alta velocidade o automóvel será jogado para dentro ou para fora da pista.*

Aluno 3.2: *[...] Em uma curva mais fechada a velocidade tem que ser menor.*

Aluno 3.3: *Eu observei que no vídeo mostrado, a curva era bem aberta: o cara não reduziu a velocidade e mesmo assim o carro derrapou.*

Aluno 3.4: [...] eu tava pensando assim. A gravidade está envolvida nesse aspecto. Quando uma caçamba estiver em alta velocidade, o centro de gravidade fará com que o automóvel tombe ou saia da pista.

Aluno3.5: no exemplo do carro fazendo a curva com 150km/h, o que mantém o carro na pista é a instabilidade do carro. É como se o carro estivesse quase colado à pista.

De acordo com as falas dos alunos do terceiro ano, na categoria sobre a “influencia da velocidade da derrapagem ou não dos automóveis em curvas”, ficou evidente os seguintes aspectos: em curvas fechadas, são necessários valores baixos de velocidade para não derrapagem do automóvel. Em valores altos de velocidade, o carro só não derrapa se existir uma inclinação da curva ou estabilidade do automóvel na curva. Os fatores juntos “alta velocidade” e “força peso” influenciam na derrapagem do automóvel. Fazendo análise da mesma categoria com o grupo do segundo ano, abaixo são destacados o diagrama e as falas do grupo em tal tópico:

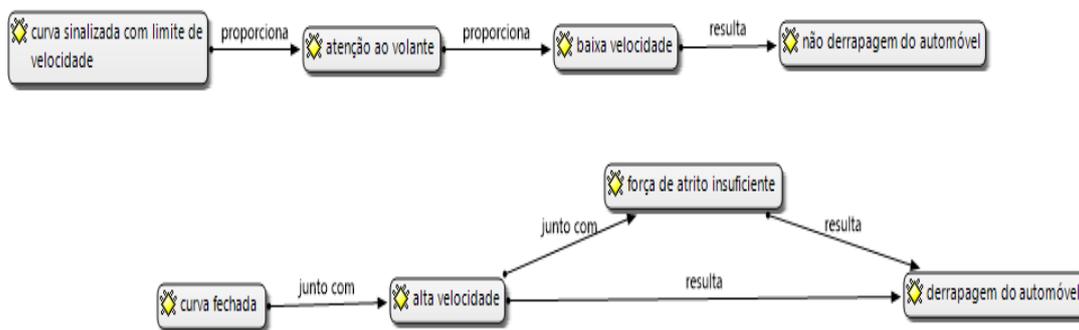


Figura 13- Influência da velocidade na derrapagem- alunos do segundo ano.

Fonte: O autor, 2016.

Participante 2.1: A distância em que o motorista avista a curva é um fator importante na derrapagem do carro.

Participante 2.3: o quanto antes o motorista perceber a curva ele tem como diminuir a velocidade.

Participante 2.4: isso é uma questão do motorista. Ele tem que ter atenção ao volante para poder perceber a curva e tomar medidas de segurança.

Participante 2.5: *é verdade, a curva deve ser sinalizada com indicação de velocidade para o motorista perceber.*

Participante 2.2: *a sinalização deve ser para cada curva específica.*

Participante 2.3: *essa sinalização deve estar a uma distância considerável da curva para desacelerar. Senão o motorista iria frear em cima da curva.*

Participante 2.4 [...] *a estabilidade do carro é essencial para não derrapagem. Se um motorista estiver fazendo um movimento brusco com um carro em alta velocidade em uma curva ele pode derrapar.*

Participante 2.1: *a força de atrito só mantém o carro na pista se ela for suficiente para determinada velocidade do automóvel*

Já na análise do segundo ano ficou de evidenciado que o fator principal para não derrapagem dos automóveis é a baixa velocidade. A alta velocidade é um fator direto na derrapagem dos automóveis. Uma variável que foi citada pela turma do segundo ano de forma exclusiva foi a sinalização das curvas que proporciona atenção e, de forma direta, a redução da velocidade.

De forma evidente, o que há em comum entre a análise das turmas do segundo e terceiro anos é o ponto de discussão em que a velocidade é um fator de risco para acidentes nas curvas. Na categoria da mesma variável, ficou evidente que as duas turmas conseguiram fazer a conexão da força de “atrito/ estabilidade do automóvel”. Entretanto, a turma do terceiro ano tirou uma conclusão em que apresentou características de um Modelo Mental com tendências de generalização, ou seja, conseguiram realizar a transição de uma situação problema atual por uma nova situação problema. Tal turma chegou à conclusão que a inclinação da pista é um fator que também ajuda em manter o automóvel fixo na curva. Tal conclusão foi tirada da fala do participante da turma do terceiro ano como mostra a seguir:

Participante 3.4: [...] *a inclinação da curva puxara o carro para dentro da pista. Nesse caso do vídeo, a velocidade limite tem que ser baixa para que não ocorra acidente, pois acredito que na situação do vídeo foi erro na construção da estrutura da pista.*

Outro fator que foi tema de discussão nas turmas era onde a força peso influenciaria na derrapagem ou não dos automóveis. Na turma do terceiro ano um dos participantes fez a seguinte alegação:

Participante 3.2: *A gravidade está envolvida nesse aspecto. Quando uma caçamba estiver em alta velocidade, o centro de gravidade fará com que o automóvel tombe ou saia da pista.*

Na visão de tal participante da turma do terceiro ano, a força peso junto com alta velocidade são fatores diretos na derrapagem do automóvel. Já na turma do segundo ano, quando foram questionados sobre qual a força que impulsionava o automóvel para fora da pista, foram apresentadas as seguintes alegações:

Participante 2.1: *Sei lá, poderia ser a força gravitacional.*

Participante 2.2: *Discordo. Pois a força gravitacional mantém o carro na pista. A força normal é a força gravitacional.*

Participante 2.4: *A força gravitacional pode influenciar para empurrar o carro para baixo. Mas não sei se influencia na derrapagem, pois é um movimento plano.*

Participante 2.3: *Se o carro estiver fazendo um movimento inclinado à força de gravidade, estaria puxando para parte inferior do plano.*

Ficou de forma evidente que a turma do segundo ano, diferente da turma do terceiro ano, não conseguiu entrar em consenso para definir sem duplo sentido a função da força gravitacional no problema. Com relação à categoria de influencia da força de atrito como fator de derrapagem ou não do automóvel, a turma de segundo ano apresentou as seguintes relações:



Figura 14- Influência da força de atrito na derrapagem – turma segundo ano.

Fonte: O autor, 2016.

Participante 2.3: *O atrito, pois se não o carro sairia de rota da pista*

Participante 2.4: *O atrito e a gravidade permitem que o carro não saia da pista*

Participante 2.1: *o atrito mantém o carro na pista; a estrutura da pista proporciona que o carro derrape. A pista da curva “tá” torta.*

Participante 2.5: *o atrito serve para parar o movimento dos objetos. Senão eles continuariam se movimentando para sempre. A força de atrito é contrária ao movimento.*

Participante 2.3: *na chuva o pneu careca é pior.*

Participante 2.2: *a força de atrito mantém o carro na pista se ela for de intensidade suficiente.*

Participante 2.1: *a força de atrito só mantém o carro na pista se ela for suficiente para determinada velocidade do automóvel*

Participante 2.4: *quanto mais rugosa for pista seria a melhor solução.*

Neste sentido, para a turma do segundo ano os fatores “*forças de atrito insuficiente e suficiente*” são fatores cruciais na derrapagem ou não dos automóveis. Fatores como condições climáticas da pista e pneus de automóveis em péssimas condições influenciam diretamente na redução da intensidade da força de atrito. Na visão da turma do segundo ano, uma pista em boas condições apresentaria maior aderência e, assim, propiciaria uma força de atrito suficiente para que não ocorra o processo de derrapagem. A seguir são destacados as falas e a representação gráfica dos modelos mentais dos alunos do terceiro ano, no quesito influência da força de atrito na derrapagem em curvas:

Participante 3.4: *no exemplo do carro fazendo a curva com 150km/h, o que mantém o carro na pista é a instabilidade do carro. É como se o carro estivesse quase colado à pista.*

Participante 3.2: *eu acho que “tá” relacionado. De certa forma, o atrito faz com que o carro fique na pista.*

Participante 3.5: *a força peso “tá” relacionada com o atrito. Por exemplo, quanto mais pesado o carro, mais propenso ficará colado na pista.*

Participante 3.1: *por isso que penso que o carro mais leve é mais propenso a derrapagem. Depende da velocidade do carro e como o peso deste é distribuído.*

Participante 3.5: *a condição climática também envolve no atrito diretamente.*

Participante 3.4: *o pneu careca tem menos atrito com o chão.*

Participante 3.2: *e a pista molhada tem influência com o atrito.*

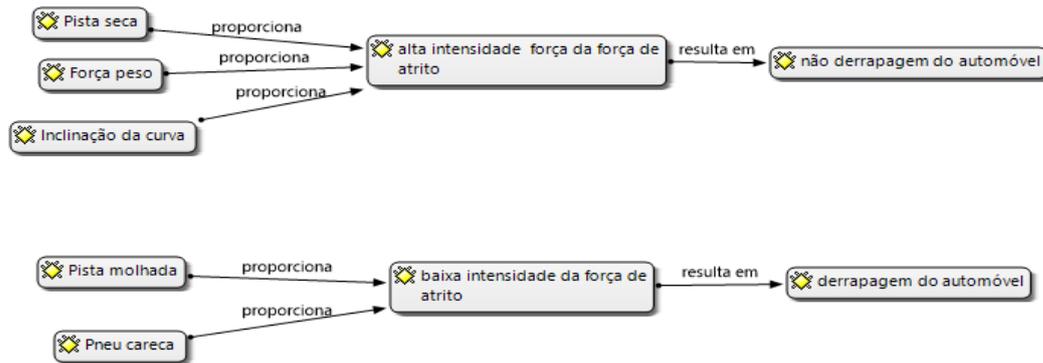


Figura 15- Influência da força de atrito na derrapagem- turma terceiro ano.

Fonte: O autor, 2016.

Apesar da turma do terceiro ano apresentar fatores em comum com as alegações da turma do segundo ano com relação ao “*fator força de atrito na derrapagem ou não dos automóveis em curvas*”, ocorreu também discordâncias. A principal diferença nas alegações foi que os alunos do terceiro ano apontaram como a inclinação da curva sendo um fator direto da força de atrito que ajuda com que o automóvel consiga realizar a manobra com segurança. A principal dúvida detectada no primeiro encontro das duas turmas foi o fato de não conseguirem determinar qual era a variável de forma exclusiva que era determinante de forma direta na derrapagem ou não dos automóveis: se era a força de atrito ou a velocidade. Outra dúvida que não foi sanada no primeiro encontro foi qual tipo de força influenciaria na derrapagem. Um aluno do terceiro ano tentou justificar tal resposta da seguinte maneira:

Participante 3.4: *[...] O carro saiu da curva, pois existia algo que puxava ele para fora da pista. Como é movimento circular não sei se tem haver com força centrífuga.*

#### 4.1.2- Problema da influência de distração ao volante nas ocorrências de acidentes do no trânsito

Usando o mesmo critério de análise do problema anterior foi evidenciado que no segundo problema as duas turmas conseguiram determinar a variável determinante na ocorrência de acidentes por distração ao volante, tal variável foi a distância total percorrida pelo automóvel. Abaixo seguem os modelos mentais de forma gráfica e as falas da turma do segundo ano:

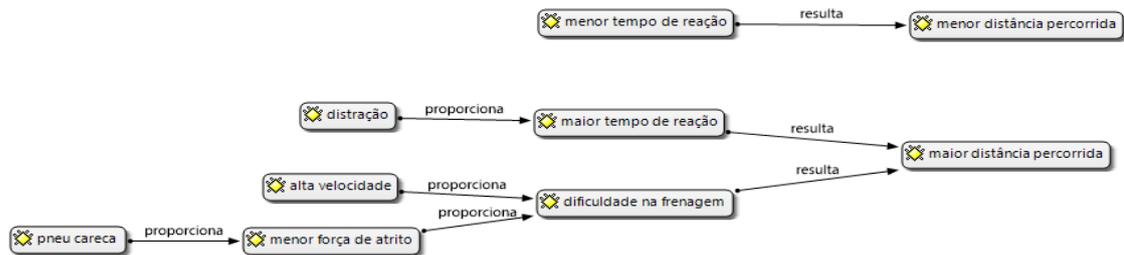


Figura 16- Influência do tempo de reação na derrapagem – turma segundo ano.

Fonte: O autor, 2016.

Participante 2.4: *olha, a distância já estar envolvida... ai logo o tempo estará.*

Participante 2.1: *o tempo que um motorista gasta usando o celular pode ser o tempo em que ele poderia prever algo e reagir.*

Participante 2.2: *observe que o carro após perceber o obstáculo percorrerá uma distancia, mas após a frenagem ele vai percorrer outra distância.*

Participante 2.5: *ai também é levado em conta o atrito. Na hora em que o carro derrapa existe atrito.*

Participante 2.5: *Olha, na situação de quando um carro está a certa velocidade e ele percebe o carro, existe um tempo que o motorista gasta pra perceber e um tempo que o motorista gasta para pisar no freio.*

Participante 2.3: *olha, se um motorista estiver em um carro com pneu careca, o carro continuará em movimento.*

Participante 2.2: *olha, um pneu careca não terá atrito com o chão.*

Analisando os dados do segundo ano, ficou visível que todas as variáveis tinham como consequência a distância percorrida pelos automóveis. A variável que ficou exclusiva nos modelos mentais do segundo ano foi a força de atrito. Os alunos concluíram que quanto menor for a intensidade da força de atrito, maiores dificuldades o automóvel terá em sua frenagem. Abaixo são destacados os modelos mentais de forma gráfica e as falas do grupo do terceiro ano no mesmo problema:

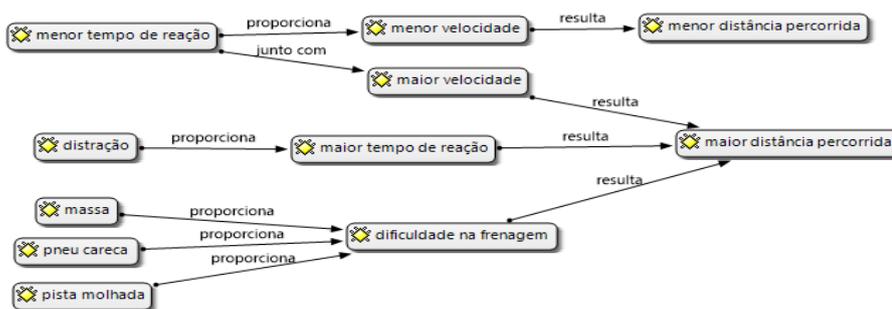


Figura 17- Influência do tempo de reação na derrapagem – turma terceiro ano.

Fonte: O autor, 2016.

Participante 3.5: *a distração influencia no fato que o carro continua caminhando enquanto o motorista “tá” distraído.*

Participante 3.3: *por exemplo, quando o motorista se distrai, ele pode sair da sua mão e entrar em outra. Se eu tiver distraído, o tempo de reação será maior e, portanto, maior possibilidade de ocorrer acidente.*

Participante 3.1: *depende muito do campo de visão. Por exemplo, aqui se eu tenho minha visão voltada para frente e olho para o lado e depois retorno para frente, o cenário é o mesmo. Mas no trânsito é diferente: numa situação dessa o cenário pode mudar.*

Participante 3.4: *pneu careca e pista molhada influenciam proporcionalmente ao automóvel andar mais no momento da freada.*

Participante 3.1: *um automóvel de grande massa têm dificuldade de frear.*

Os alunos do terceiro ano apresentaram algumas variáveis em comum com a turma do segundo ano. Tal grupo não conseguiu citar de forma direta a força de atrito, mas alegaram alguns fatores como pista molhada e pneu careca que estão diretamente relacionados com a força de atrito. Uma variável exclusiva que foi citada pela turma do

terceiro ano foi a massa. De acordo com tal grupo, a massa é uma variável que proporciona dificuldades na frenagem dos automóveis. Uma conexão de forma exclusiva que foi feita por tal grupo é o fato que o curto intervalo do tempo de reação pode influenciar em maiores ou menores distâncias percorridas pelo automóvel. Isso depende exclusivamente do valor da intensidade da velocidade.

As distinções dos modelos mentais dos dois grupos ocorreram pelo fato de que os alunos não usaram lógicas formais para representar as suas soluções prévias para o problema e sim recursos de conhecimentos prévios. Notemos a fala de um aluno do grupo do terceiro ano referente à influência da distração ao volante:

*Participante 3.2: eu já passei por uma experiência dessas. Estava em um carro em que o motorista viu um quebra mola a frente, mas não reduziu a velocidade e se distraiu observando um restaurante. Ao passar 4 segundos, o motorista voltou à atenção ao volante e se deu conta que já estava muito próximo. Isso tem haver com a velocidade: vamos supor que ele esteja a uns 60m/s e em 3 segundos ele caminhara uns 240m.*

A afirmação do aluno do terceiro ano revela que foi usada uma experiência vivida para poder explicar um conceito da Física. Nesse sentido, o aluno construiu um modelo mental inicial utilizando não recursos lógicos e sim ferramentas cômodas para ele.

#### **4.2- Segundo encontro: Discussões acerca das novas soluções dos problemas**

Para a ocorrência do segundo encontro os alunos se prepararam estudando e apresentaram suas soluções com relação aos problemas destacados no primeiro encontro. Confirmando as afirmações de Jong (2017) no contexto de fornecer grau de importância na escolhas das variáveis do problemas, tanto a turma do segundo e terceiro anos, na transição da primeira etapa para a segunda etapa, conseguiram realizar conexões entre as variáveis que ainda não estavam conectadas de forma clara, ou seja, a partir dos modelos mentais que foram construídos no primeiro encontro, adicionaram novas informações e construíram um novo modelo mental com mais conexões entre as variáveis do problema. Entretanto, entre os grupos existiam idéias que eram em comum e que também apresentavam disparidades. Com relação ao problema do automóvel

derrapando em curvas, os dois grupos optaram a dividir o problema em dois casos: *derrapagens em curvas planas e inclinadas*. Abaixo é destacada de forma gráfica e em duas falas importantes das conclusões dos dois grupos com relação a tal quesito:

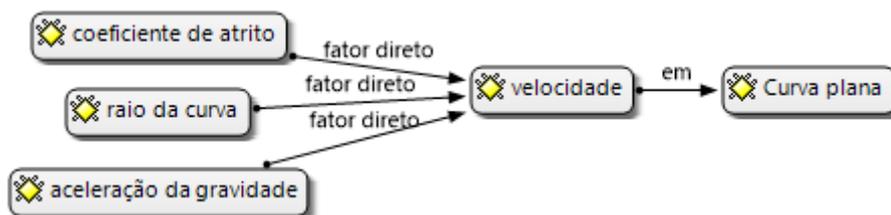


Figura 18 – Relação das variáveis com velocidade em curvas planas.

Fonte: O autor, 2016.

Participante 3.2: *na equação da velocidade limite o que mantém o carro na pista é o valor do coeficiente de atrito, e o que empurra o carro é a força centrípeta.*

Participante 2.1: *observando o valor da velocidade, aparece o raio, isso acontece porque o raio tem haver com a força centrípeta, a aceleração da gravidade e o coeficiente de atrito ajudam a manter o carro na pista.*

De acordo com os dados acima, os alunos modificaram os modelos mentais referente ao primeiro encontro nos seguintes aspectos: em curvas planas, a força de atrito “segura” o carro na pista e a força centrípeta o “empurra” para fora da mesma. A variável para determinar derrapagem ou não do automóvel é a velocidade limite estabelecida pelas condições na curva. O coeficiente de atrito, raio da curva e aceleração da gravidade influenciam de forma direta na velocidade. Se o automóvel estiver com velocidade menor ou igual à velocidade limite, este não sofrerá derrapagem, caso contrário, o automóvel sofrerá deslizamento na curva. A equação que os dois grupos definiram para determinar a velocidade limite foi igual à equação [7]. Já no caso das curvas com inclinação, apresentou-se disparidade entre as soluções apresentadas entre os grupos.

Na situação de derrapagens em curvas inclinadas a variável “força de atrito” foi substituída pela variável “inclinação da curva”. Na visão da turma do terceiro ano em uma situação de eminência de derrapagem a inclinação da curva faz o mesmo papel da força de atrito: mantém a estabilidade do automóvel. A equação [11] foi escolhida pelo grupo para determinar a velocidade limite. Os alunos concluíram que se o automóvel

estiver com uma velocidade superior ao valor limite o automóvel sofrerá derrapagem. Abaixo segue uma fala de um aluno e as conclusões de forma gráfica com relação à solução do problema apresentada pela turma do terceiro ano na situação de curva inclinada.

Participante 3.1: *Na equação da velocidade limite em curvas inclinadas o coeficiente de atrito é substituído pela inclinação da curva.*

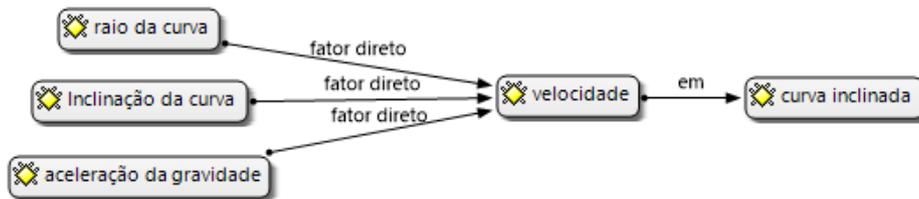


Figura 19 – Relações das variáveis com a velocidade limite em curvas inclinadas- turma do terceiro ano.

Fonte: O autor, 2016.

Já a turma do segundo ano diferenciou da solução do problema nessa situação pelo fato de que, mesmo com curvas inclinadas, a força de atrito não é substituída pela variável “inclinação da curva” e que ambas influenciam de forma direta na velocidade. Abaixo segue falas e descrição de forma gráfica das conclusões de tal grupo:

Participante 2.2: *o coeficiente de atrito e a inclinação da curva seguram o carro na curva.*

Participante 2.5: *concordo, quanto mais inclinada for a curva, será difícil o carro derrapar.*

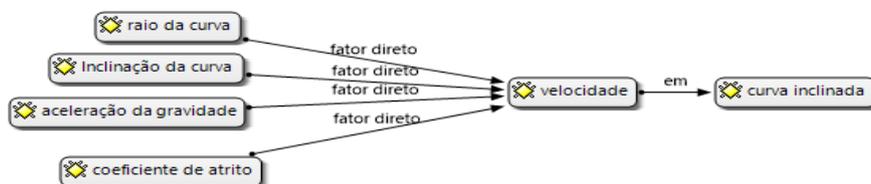


Figura 20- Relações das variáveis com a velocidade limite em curvas inclinadas- turma do segundo ano.

Fonte: O autor, 2016.

No segundo problema sobre a influência da distração ao volante, os dois grupos apresentaram soluções em comum entre si. Os alunos concluíram que a distância total percorrida por um automóvel que sofrerá parada forçada é dividida em distância de reação percorrida somada à distância percorrida no momento da frenagem. Na visão do grupo, se a distância total percorrida for menor do que a distância inicial do automóvel ao obstáculo não ocorrerá acidentes. A seguir são determinadas as falas e os modelos mentais de forma gráfica dos alunos:

Participante 3.5: *o tempo de reação influencia diretamente em uma distância percorrida.*

Participante 2.1: *Após acionar os freios, a força de atrito e a força peso começam a atuar no movimento.*

Participante 2.4: *O movimento é dividido em duas etapas: distância de reação e frenagem.*

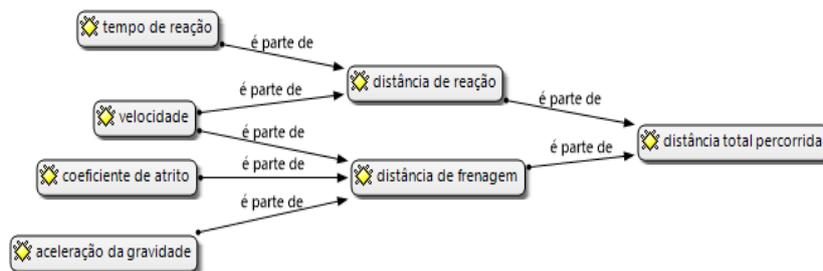


Figura 21- Influência da distração ao volante.

Fonte: O autor, 2016.

Os seguintes dados coletados no segundo encontro destacam que os alunos modificaram seus modelos mentais em diversos aspectos em comparação ao primeiro encontro, devido à evolução do grau de instrução e maior intimidade com os problemas estudados, determinaram as variáveis principais nas soluções dos problemas e realizaram as conexões dos Modelos Mentais conceituais com os Modelos Matemáticos.

### 4.3- Terceiro encontro: programação das soluções dos problemas.

Usando o processo de descrição da resolução do problema em termos da linguagem de programação, os alunos descreveram em forma de linguagem de programação computacional o passo a passo de solução dos problemas, que foram descobertos nos primeiros encontros. Nessa etapa, o programa computacional *Visualg* começou a ser utilizado. O conhecimento que os alunos adquiriram sobre variáveis, dados de entradas e saídas, implementação de função e operações lógicas foram utilizados nessa etapa. No apêndice deste estudo, estão destacados os algoritmos que os alunos produziram nesta etapa. Um fato relevante a facilidade no manuseio do *Visualg* foi detectado em um dos algoritmos de um participante do segundo ano. Ao rodar seu algoritmo, o aluno esqueceu um “(” na linha vinte. Tal fato ficou fácil para correção porque o programa possui uma ferramenta (fig.22) que avisa em qual linha do algoritmo se localiza o erro.

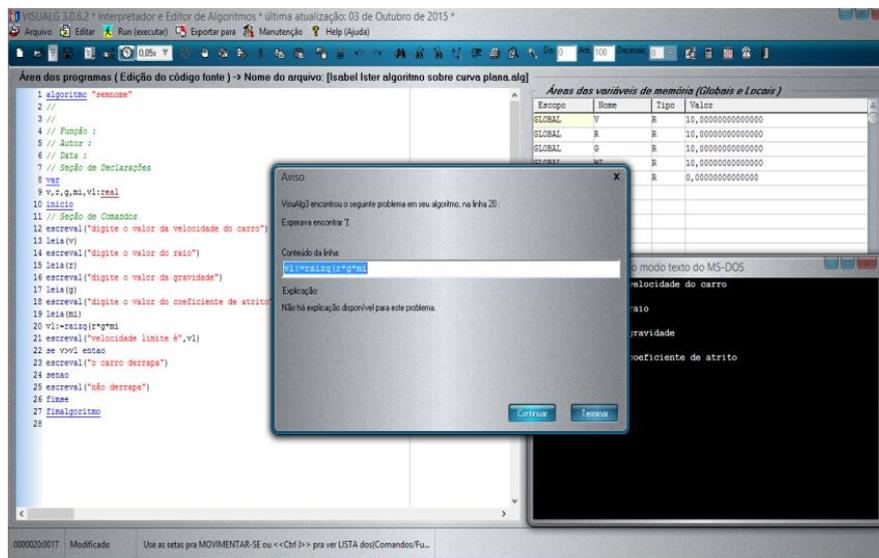


Figura 22 – Ferramenta de correção do algoritmo fornecida pelo *Visualg*

Fonte: O autor, 2016.

Uma segunda ação na realização do ato de programar é a execução da descrição pelo computador. Ao produzir um algoritmo, foi possível executar por intermédio do computador o passo a passo da solução dos problemas. Após a execução dos algoritmos, existe uma nova ação que é a reflexão sobre o que foi produzido pelo computador. Ao

refletir sobre o resultado do fornecido pelo programa, o aprendiz pode decidir modificar ou não o seu procedimento. Se os resultados fornecidos pelo computador são equivalentes com as idéias iniciais, os aprendizes decidem não modificar os seus procedimentos; caso contrário, o aluno irá depurar o procedimento.

**Tabela 2-Questionamentos para testes dos algoritmos**

<b>Problema:</b> distração ao volante	<b>Problema:</b> derrapagem em curvas inclinadas	<b>Problema:</b> derrapagem em curvas planas
Diminuir ou aumentar o valor da velocidade inicial do carro	Diminuir ou aumentar o valor do coeficiente de atrito	Diminuir ou aumentar o valor do coeficiente de atrito
Diminuir ou aumentar o coeficiente de atrito	Diminuir ou aumentar o valor do raio da curva	Diminuir ou aumentar o valor do raio da curva
Diminuir ou aumentar o tempo de reação do motorista	Diminuir ou aumentar o valor do ângulo de inclinação da curva	

Para executar e testar os algoritmos com as soluções dos problemas da derrapagem foi proposto aos alunos que alterassem os valores das variáveis conforme mostra a tabela 2. Utilizando o processo de investigação, ao refletir sobre os resultados do problema em derrapagens em curvas planas, os alunos chegaram à conclusão que as idéias iniciais eram compatíveis com os resultados fornecidos pelo computador. Uma característica importante nessa etapa foi o fato que os alunos sempre associavam os modelos matemáticos com o modelo mentais visual. Por exemplo, no problema em derrapagens em curvas planas foi questionado aos alunos se um automóvel com baixo coeficiente de atrito na pista derraparia ou não, a seguir temos a fala do seguinte aluno:

*Participante 2.3: se diminuir o coeficiente de atrito, significa que a pista deve está molhada, logo o carro vai derrapar.*

Outra situação semelhante ocorreu quando foi questionado no mesmo problema para a turma do terceiro ano se um automóvel teria sérios riscos de acidente se estiver fazer uma curva com raio pequeno. A seguir segue a fala de um dos alunos

*Participante 3.1: como a o raio da curva é pequeno a curva é fechada. Então, se o automóvel estiver em alta velocidade sofrerá acidente.*

As falas dos alunos mostram claramente que foi realizada uma associação do modelo visual com o modelo matemático, desta forma com o auxílio do *visualg* foi possível verificar se as conclusões dos alunos estavam corretas ou não. Seguindo os processos de verificações de associações dos modelos mentais visuais com os modelos matemáticos os alunos concluíram que o quanto menor o raio da curva e o coeficiente de atrito, menor será a velocidade limite estabelecida na curva e assim existe grande probabilidade que o automóvel esteja com velocidade superior ao valor limite e sofra derrapagem. Caso contrário, com valores maiores de raio da curva e coeficiente de atrito, maior será o valor da velocidade limite estabelecido na curva e menor possibilidade de acontecimento de derrapagem dos automóveis.

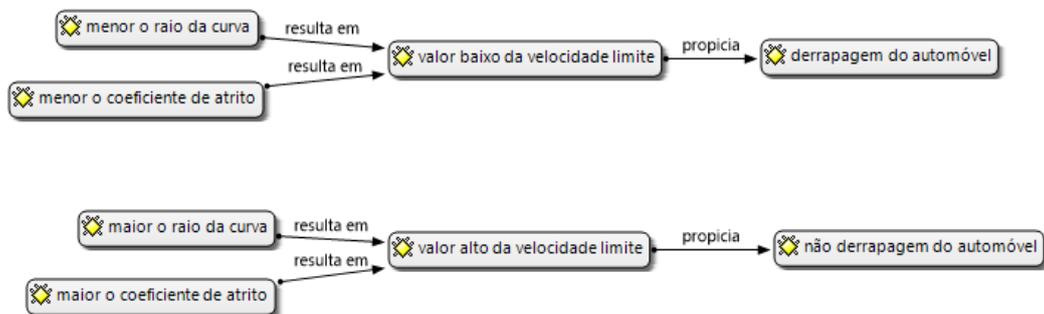


Figura 23- Conclusões após a ação de refletir sobre os resultados expostos pelo computador.

Fonte: O autor, 2016.

Na parte da ação de reflexão sobre os *feedback* dado pelo programa no segundo problema, houve um dado interessante com a turma do segundo ano. Na visão deles, a inclinação da curva não substituíam o papel da força de atrito. As duas variáveis participavam diretamente no cálculo da velocidade limite, como mostra a equação abaixo:

$$V_{limite} = \sqrt{r \cdot g \cdot (\sin \theta - \mu \cdot \cos \theta) / (\cos \theta - \mu \cdot \sin \theta)} \quad [17]$$

Onde  $V_{limite}$  era a velocidade limite estabelecida para que não houvesse derrapagem na curva,  $r$  é o raio da curva,  $g$  a aceleração da gravidade,  $\mu$  é o coeficiente de atrito e  $\theta$  é o ângulo de inclinação da curva. Ao fazer os testes do algoritmo no *Visualg*, os alunos se depararam com uma mensagem “*invalid floating point operation*”,

que significa que o valor expresso da velocidade limite estava fora do intervalo do conjunto estabelecido para as variáveis. Na figura abaixo a tela do programa *Visualg* apresentando o erro.

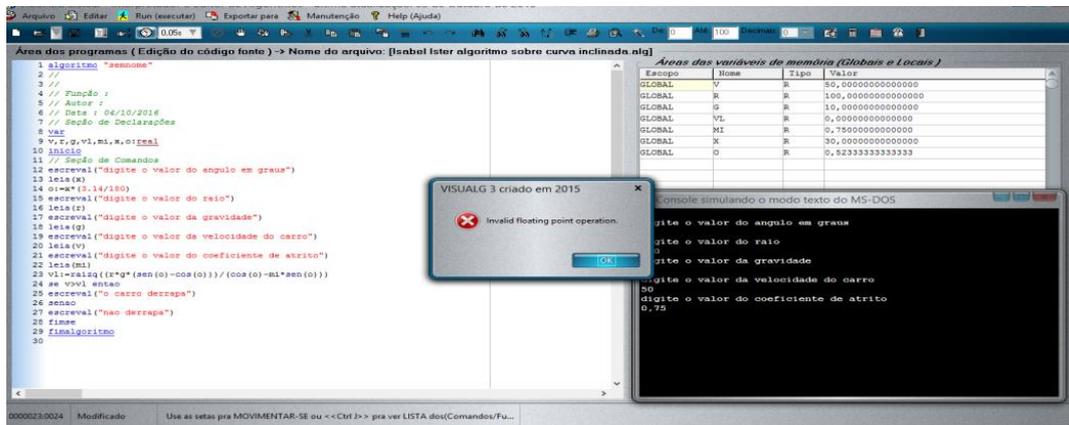


Figura 24 – Mensagem de erro apresentada no *Visualg*.

Fonte: O autor, 2016.

Outra ação realizada no ato de programar citada por Valente (1999) é a depuração dos conhecimentos por intermédio da busca de novas informações ou do pensar. Ao refletir sobre as respostas dadas pelo computador e verificar que não coincidem com as idéias iniciais, o aprendiz busca novas informações de uma determinada área para modificar a descrição anteriormente definida. Para auxiliar os alunos a solucionar tal problema, foi proposto que fosse montado um algoritmo para calcular raízes quadradas de números reais. E testar qual era a resposta dada pelo computador. Tal resultado é mostrado como mostra a figura abaixo:

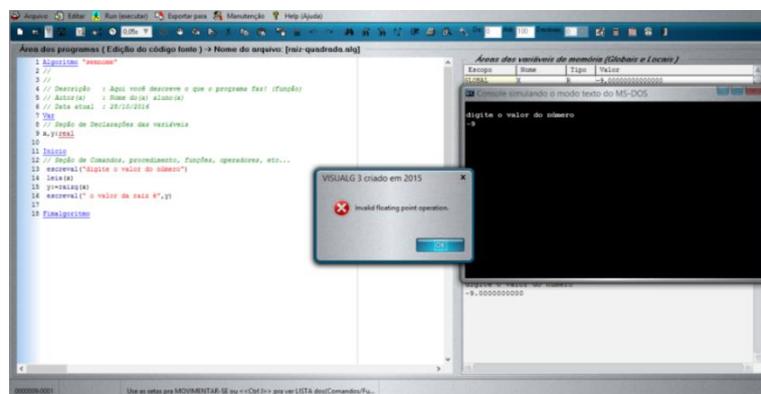


Figura 25– Resposta fornecida pelo *Visualg* para calcular raiz quadrada de número negativa no conjunto dos números reais.

Fonte: O autor, 2016.

Nesse sentido, os alunos usaram a noção de Matemática em relação ao conjunto dos números reais sobre a não existência de raiz quadrada de número negativo. Como o *Visualg* apresentou a mesma mensagem de erro que foi apresentando no algoritmo da velocidade limite em curva com inclinação, ficou viabilizada a comparação entre os dois algoritmos e os alunos fizeram a dedução de que o valor do número da velocidade limite era uma raiz quadrada de número negativo.

Participante 2.2: *Ao testar a raiz quadrada de número negativo , aparece a mesma mensagem no algoritmo da curva inclinada. Isso significa que a nossa velocidade tá com valor da raiz negativa.*

Os alunos efetuaram modificações na equação [17] e chegaram a uma nova equação na determinação da velocidade limite em curvas inclinadas:

$$V_{\text{limite}} = \sqrt{r \cdot g \cdot (\sin \theta - \mu \cdot \cos \theta) / (\cos \theta - \mu \cdot \sin \theta)} \quad [18]$$

Ao refletir mais ainda sobre o resultado, os alunos chegaram à conclusão de que em uma situação de pista molhada o coeficiente de atrito estaria próximo a zero e a equação [18] se transformou na equação [11]. Desta forma houve a modificação no procedimento e a construção de um novo algoritmo com a equação [11] para determinar a velocidade limite. Tal fato ficou evidente na seguinte fala abaixo:

Participante 2.4: *hum... isso significa que ao levar o coeficiente de atrito próximo a zero, na equação o atrito some e vai aparecer uma tangente.*

Esse processo que ocorreu com a turma do segundo ano destaca a relação dos aspectos das relações do mundo real com a linguagem Matemática na solução do problema. Como o grupo do terceiro ano desde o início já tinha determinado que a equação [14] é a que determinava o valor da velocidade limite, o procedimento de reflexão ocorreu de forma semelhante ao grupo do segundo ano após tal grupo realizar o processo correção durante a depuração. Ao pedir para alterar os valores de ângulo de inclinação da curva e raio da curva os alunos dos dois grupos chegaram à seguinte conclusão, mostrada no diagrama abaixo:

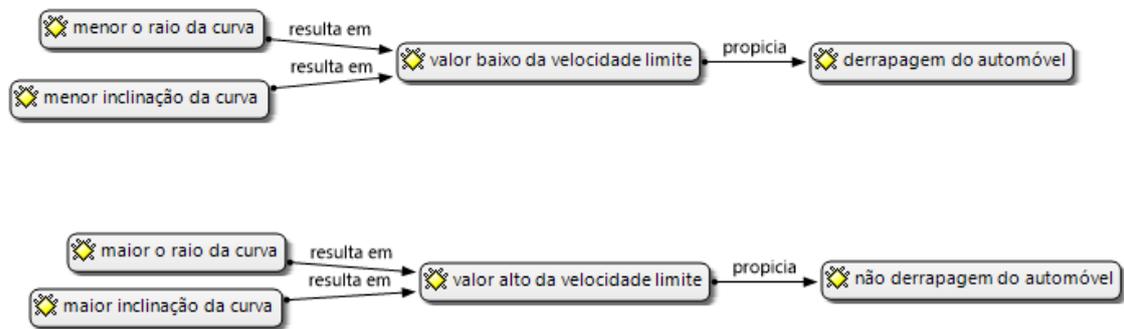


Figura26- Conclusões após o processo de reflexão no problema da curva inclinada

Fonte: O autor, 2016.

No problema sobre a influencia da distração ao volante, durante os testes dos resultados fornecidos pelo *Visualg*, os alunos das duas turmas concluíram de forma semelhante que não era necessária a depuração dos procedimentos. Abaixo seguem a forma gráfica dos resultados expressos pelos alunos ao final das realizações no processo de programar:

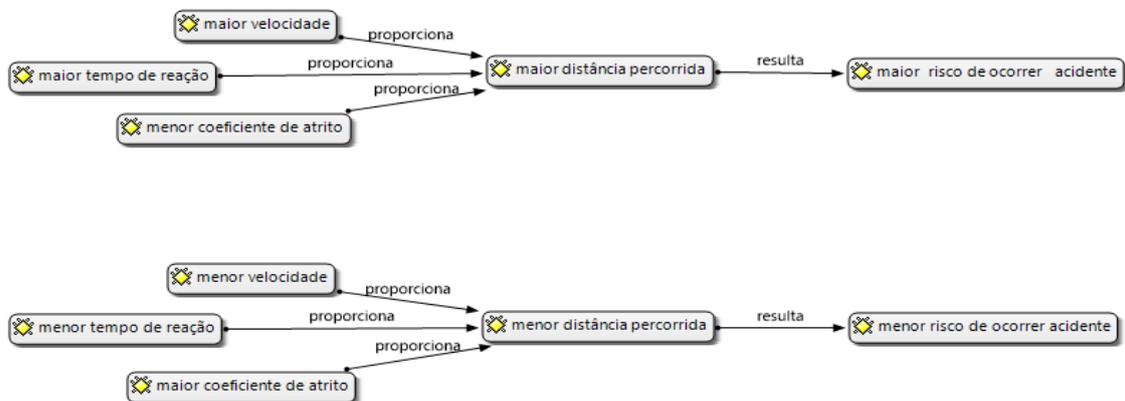


Figura 27- Resultados expressos pelos alunos ao final das realizações no processo de programar.

Fonte: O autor, 2016.

Como foi verificado, conforme de Jong (2017) ao final do experimento os estudantes verificaram se suas hipóteses iniciais eram corretas. Caso contrário, realizaria o processo de revisão nas soluções dos problemas.

#### **4.4- Quarto encontro: Apresentação ao público.**

Com o objetivo de externalizar as habilidades adquiridas pelos participantes da pesquisa, foi proposta a apresentação ao público do material produzido. Em ambos os grupos ficou de forma evidente que os participantes além de expressarem com segurança os conteúdos de Física envolvidos nos problemas, também apresentaram dicas de segurança no trânsito e sobre como os recursos tecnológicos corroboram para que não ocorram acidentes. Por exemplo, vejamos a falar a seguir de dois participantes da pesquisa ao serem questionados sobre medidas de segurança no trânsito:

Participante 2.5: *Ao dirigir, o ideal é que não consuma bebidas alcoólicas para não ter distrações.*

Participante 3.1: *Antes de viajar é sempre importante fazer uma revisão no automóvel, verificar as condições dos pneus, verificar também se as condições climáticas são favoráveis para se realizar a viagem.*

Mesmo com perguntas feitas pelo público, os alunos com o conhecimento adquirido durante o processo da ABP, conseguiram refletir sobre tais indagações e produziram respostas bem fundamentas e satisfatórias. Vejamos na fala a seguir de um aluno do terceiro ano que, ao ser questionado sobre como carros mais novos ao realizarem manobras em curvas, mesmo com alta velocidade, não sofrem derrapagens. Sua resposta foi:

Participante 3.1: *Olha... o que mantém o carro na pista nesse aspecto é a estabilidade do automóvel. Nesse aspecto, os carros mais novos são projetados com algum recurso que aumenta o coeficiente do atrito com os pneus do carro, de modo que mesmo com alta velocidade não ocorre derrapagem.*

Os dados coletados em todas as etapas da pesquisa constataram que no processo da aprendizagem baseada em problemas, os alunos tornam-se mais participativos na construção do conhecimento. À medida que ocorria tal processo, os alunos apresentavam maior familiaridade sobre os conceitos de Física envolvidos nas situações problemas e apresentava respostas mais conceituais, ou seja, ocorreram evoluções em seus modelos mentais. Também ficou evidente que todas as ações denotadas no ato de

programar foram cruciais para verificação dos alunos sobre as conclusões nas resoluções dos problemas. Outro dado importante destacado no trabalho é o fato que ao refletir e solucionar problemas os estudantes adquirem habilidades de solucionar novos problemas. Tais resultados reforçam que ao refletir e solucionar problemas por meio dos ambientes de programação possibilita aos alunos maior participação de forma direta na construção do conhecimento e, assim, produzir resultados positivos no processo de aprendizagem.

## 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois da finalização da pesquisa, foi concluído que com o intuito de verificar a evolução dos modelos mentais dos alunos, a proposta dos mesmos em resolver um problema específico de Física no contexto da aprendizagem baseada em problemas com o auxílio de ambientes de programação, os seguintes aspectos:

- a) O aluno consegue realizar conexões do cotidiano com a linguagem matemática quando esta é explorada de forma contextualizada com os problemas do cotidiano, e devido a essa motivação o aluno se torna ativo no processo de resolução de problemas;
- b) Ficou evidente que a construção dos algoritmos e testes dos mesmos permitiu aos alunos a reflexão entre as conexões das variáveis e inferir processos de depuração acerca das soluções dos problemas apresentados durante o processo da ABP;
- c) Outro fator evidente foi que, à medida que os alunos possuíam maior familiaridade com os conceitos de Física construíam o modelo mental acerca dos problemas e realizaram inferências que possibilitaram respostas mais generalizadas acerca da solução do problema.
- d) Durante a apresentação ao público os alunos apresentaram respostas acerca dos fundamentos da Física relacionados com os problemas, bem mais flexíveis e generalizadas quando comparadas com os conhecimentos prévios apresentados durante a primeira etapa da aprendizagem baseada em problemas.

As conclusões acima citadas não são definitivas e nem finalizadas, pelo fato que a pesquisa foi aplicada com um universo de dez alunos de uma instituição de ensino de nível básico. Novos resultados poderão ser elucidados caso novas pesquisas sejam realizadas com o número de um universo maior de alunos e em outras instituições de ensino. A partir dos resultados deste estudo, apontamos outros temas a serem explorados para futuras pesquisas:

- 1) Estudar ações docentes cabíveis diante da evolução dos modelos mentais dos alunos de Física, dentro do cenário da aprendizagem baseada em problemas com o auxílio de programação;
- 2) Aprofundar mais ainda o estudo da evolução dos modelos mentais dos alunos não apenas no cenário da aprendizagem baseada em problemas, mas no contexto da aprendizagem baseada em projetos.

Esses novos questionamentos poderão ser investigados porque vivemos em um mundo de inovações tecnológicas em que a Educação está passando por profundas transformações em busca de novas técnicas que possibilitem melhores resultados no processo de ensino e aprendizagem.

## REFERENCIAS

ALVES, D. T; AMARAL, J.V;MEDEIROS NETO, J. F. Aprendizagem de Eletromagnetismo via programação e computação simbólica. **Revista brasileira de ensino de Física**,v.24,n.2,p.201-213,jun.2002.

BARBOSA, J.P.V.; BORGES, A.T. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Belo Horizonte, MG,v.23,n.2,p.182-217,2016.

BARANAUSKAS, M. A.C. C; ROCHA, H.V.; MARTINS, M.C.; D`ABREU, J.V.V. Uma taxonomia para ambientes de aprendizado baseados no computador. In: VALENTE, J.A. **O computador na sociedade do conhecimento**. (Ed.). São Paulo: Unicamp/ Nied,1999,p.49-68.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. 1 ed. São Paulo: Edições 70, 2011.

BLIKSTEIN,P. Viagens em Troia com Freire: a tecnologia como um agente de emancipação. **Educ. Pesqui.**, São Paulo,SP, v. 42, n. 3, p. 837-856, jul./set. 2016.

BORGES, Marcos C.;CHACHÁ,Silvana G.F.;QUINTANA,Silvana M.;FREITAS, Luiz Carlos C.;RODRIGUES, Maria Lourdes V. Aprendizado baseado em problemas. **Revista da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e do Hospital da Clínica da FMRP**, Ribeirão Preto, SP, v.47, p.301-307,Jun.2014.

BORGES.A.T. Como evoluem os modelos mentais. **Rev. Ensaio**,v.1,n.1 ,p.66-92, Belo Horizonte-MG, jan-jun .1999

BRASIL. MINISTÈRIO DA EDUCAÇÃO. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA. **Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica.v.2 Brasília (DF): 2006.

CAMPOS,C.J.G. Método de análise de conteúdo: ferramenta para análise de dados qualitativos no campo da saúde. **Revista brasileira de enfermagem**, Brasília,DF,v.57(5),p.611-614,set/out.2004.

CASTILHO,G.M.; JANCZURA,G.M.Raciocínio condicional: a conclusão depende do conhecimento armazenado na memória. **Estudos de Psicologia**, Brasília, DF, v.17(1),p.53-31,jan/abr.2012.

DE JONG, A. J. M. (2017). Instruction Based on Computer Simulations and Virtual Laboratories. In R. E. Mayer, & P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of research on learning and instruction. 2nd Edition* (pp. -). (Educational psychology handbook series). Routledge.

- DONNER,R.S.; BICKIEY,H.Problem based learning in American medical education: an overview. Jul.1993. disponível em : < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC225793/>> acesso em 03 de out. 2016.
- FIOLHAIS,C.; TRINDADE,J. Física para todos: concepções erradas em Mecânica e estratégias computacionais. **1º Colóquio de Física do Instituto Politécnico de Tomar**, A. Pires da Silva et al. (eds.), Tomar, p. 185-202,1998.
- GARDNER, Howard. **A nova ciência da mente**: Uma história da revolução cognitiva. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996.
- HALLIDAY, David.; WALKER, Jearl. **Fundamentos da Física**: Óptica e Física Moderna.v 1. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- HERRERA,C.I.;OPAZO,T.C. Aprendizaje basado em problemas em 81e formación de Psicólogos. **Cadernos de Pesquisa** ,São Paulo,SP,v.45, n.156 p.376-389 abr./jun. 2015
- HMELO-SILVER, C.E. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?. **Educational Psychology Review**, v. 16, No. 3, Set.2004.
- LEON,L.B.;ONÓFRIO,L..B. Aprendizagem Baseada em Problemas na Graduação Médica – Uma Revisão da Literatura Atual. **Revista Brasileira de Educação Médica**, Rio de Janeiro,RJ, v.39 (4) ,p. 614-619; 2015.
- MOREIRA.M.A; LAGRECA.C.B. Representações Mentais dos Alunos em Mecânica Clássica: Três Casos. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.3(2),p.83-106,Porto Alegre-RS, Nov.1998.
- MOREIRA,M.A. Modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, RS, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.
- SILVA,S.L.;SILVA,S.F.;SANTANA,G.S.;NUTO,S.A.;MACHADO,M.F.;DINIZ,R.C.; SÁ,H.L. Estratégia Educacional Baseada em Problemas para Grandes Grupos: Relato de Experiência.**Rev.bra.de educ.Médica**, Fortaleza,CE,v.39,n4,p.607-6013,ago.2015.
- SOUSA.C.M.S.G.; MOREIRA.M.A. A Causalidade Piagetiana e os Modelos Mentais: Explicações Sobre o Funcionamento do Giroscópio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 2, p.223-231, Jun. 2000.
- SOUZA,E. A Formação de Modelos Mentais na Sala de Aula. **Revista Exitus**,v.3 , n. 1, p.169-184,Jan/Jun. 2013.
- TEÓFILO,T.J.S.;SANTOS,N.L.P.;BADUY,R.S. Apostas de mudança na educação médica: trajetórias de uma escola de medicina.**Interface**,Botucatu,SP,v.21(60),p.177-188,2017.
- TIPLER,Paul.A.; Mosca, Gene. **Física para cientistas e engenheiros**.v.1.6 ed.Rio de Janeiro:LTC,2009.

TONI,D.;MIORANZA,G.;MILAN,G.S.;LARENTIS,F.As Dimensões dos Modelos Mentais dos Empreendedores e Seus Impactos Sobre o Desempenho Organizacional. **REAd** , Porto Alegre, RS ,v.79 ,n. 3 p. 713-739,set/dez 2014.

VALENTE,J.A.Mudanças na sociedade, mudanças na educação : o fazer compreender. In: VALENTE,J.A. **O computador na sociedade do conhecimento**. (Ed.). São Paulo: Unicamp/ Nied,1999,p 29-37.

\_\_\_\_\_. informática na educação no Brasil: análise e contextualização histórica. In: VALENTE,J.A.**O computador na sociedade do conhecimento**. (Ed.). São Paulo: Unicamp/ Nied,1999,p. 1-13.

\_\_\_\_\_. formação de professores: diferentes abordagens pedagógicas. In: VALENTE,J.A.**O computador na sociedade do conhecimento**. (Ed.). São Paulo: Unicamp/ Nied,1999,p. 131-142.

\_\_\_\_\_. Análise dos diferentes tipos de software usados na educação. In: VALENTE,J.A.**O computador na sociedade do conhecimento**. (Ed.). São Paulo: Unicamp/ Nied,1999,p. 89-99.

VIEIRA JUNIOR, N; COLVARA, L.D. Os modelos mentais de frações: como universitários lidam com conceitos fundamentais de matemática? **Ciências & Cognição**,v.15(1),p.124-136,2010<sup>a</sup>.  
.Disponível em:< <http://www.cienciasecognicao.org>>, Acesso em 07 de jan de 2017.

\_\_\_\_\_. Os modelos mentais de alunos em relação a vetores em duas e três dimensões: uma análise da dinâmica da aprendizagem e da inadequação das avaliações tradicionais. **Ciências & Cognição**,v.15(2),p.55-69,2010b.Disponível em:< <http://www.cienciasecognicao.org>>, Acesso em 07 de jan de 2017

WOOD,D.F. ABC of learning and teaching in medicine Problem based learning. **BMJ**. v. 326 ,Fev.2003. Acesso em : < <http://www.bmj.com/content/326/7384/328>> , acesso em 03 de out. 2016.

## **APÊNDICES**

## Apêndice

### Algoritmo “derrapagem em curva plana”:

```
// Seção de Declarações

var

v,r,g,mi,vl:real

inicio

// Seção de Comandos

escreval(“digite o valor da velocidade do carro”)

leia(v)

escreval(“digite o valor do raio”)

leia(r)

escreval(“digite o valor da gravidade”)

leia(g)

escreval(“digite o valor do coeficiente de atrito”)

leia(mi)

vl:=raizq(r*g*mi)

escreval(“velocidade limite é”,vl)

se v>vl então

escreval(“o carro derrapa”)

senão

escreval(“não derrapa”)

fimse

finalgoritmo
```

### Algoritmo “derrapagem em curva inclinada”:

algoritmo “semnome”

Função :

Autor :

Data :

// Seção de Declarações

var

v,r,g,mi,vl:real

inicio

// Seção de Comandos

escreval(“digite o valor da velocidade do carro”)

leia(v)

escreval(“digite o valor do raio”)

leia(r)

escreval(“digite o valor da gravidade”)

leia(g)

escreval(“digite o valor do coeficiente de atrito”)

leia(mi)

vl:=raizq(r\*g\*mi)

escreval(“velocidade limite é”,vl)

se v>vl então

escreval(“o carro derrapa”)

senão

escreval(“não derrapa”)

fimse

fimalgoritmo

### **Algoritmo “ influencia da distração ao volante na ocorrência de colisões”**

Algoritmo "semnome"

Var

// Seção de Declarações das variáveis

v,x,t,u,dr,dp,d1,d2:real

Inicio

// Seção de Comandos, procedimento, funções, operadores, etc...

escreval("velocidade do carro em km/h")

leia(v)

x:=(v/3.6)

escreval("tempo de reacao")

leia(t)

escreval("coeficiente de atrito")

leia(u)

escreval("distancia de quando o observador percebe o obstaculo")

leia(dr)

d1:=(x\*t)

d2:=(x\*x/(2\*10\*u))

dp:=d1+d2

escreval("o valor da distancia percorrida é",dp)

se dr<dp entao

escreval("tem acidente")

senao

escreval("nao tem acidente")

fimse

Fimalgoritmo