



**UM ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS  
AFETIVAS EM ATIVIDADES DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE FÍSICA**  
**AN EXPLORATIVE STUDY ABOUT THE INFLUENCE OF AFFECTIVE  
VARIABLE IN PHYSICS PROBLEMS SOLVING ACTIVITIES**

**Lais Perini 1**  
**Gabriela Kaiana Ferreira 2**  
**Luiz Clement 3**  
**José Francisco Custódio 4**

1UDESC/Curso de Licenciatura em Física/Bolsista PROBIC, lais.fisica@gmail.com

2UDESC/Curso de Licenciatura em Física/Bolsista PIVIC, gabikaiana@gmail.com

3UDESC/Departamento de Física/lclement@joinville.udesc.br

4UDESC/Departamento de Física/custodio@joinville.udesc.br

### **Resumo**

O presente trabalho investiga como variáveis afetivas interagem com os processos cognitivos desenvolvidos por estudantes do Ensino Médio em atividades de resolução de problemas. A metodologia foi dividida em quatro fases: aplicação do questionário motivacional, resolução do problema, produção do gráfico emocional e entrevista de auto-análise. Percebemos durante o mapeamento das reações emocionais, tendências ao afeto negativo e positivo, estando essas intimamente ligadas às atitudes tomadas frente ao problema e ao desempenho das duas estudantes selecionadas para análise, culminando em implicações no sucesso ou fracasso da solução praticada, bem como no processo de aprendizagem.

**Palavras-chave:** Afetividade, Cognição, Resolução de Problemas, Ensino de Física.

### **Abstract**

This paper investigates how variables affectives interact with cognitive process developed by high school in problem solving activities. The methodology was divided in four fase: motivacional questionnaire apply, problem solving, emotional grafic production and self-analysis interview. We percebед during the emotional reactions mapping, tedencies to positive and negative affect, and those closely connected to attitudes taken towards the problem and the performance of the two selected students for analise, culminating in implications to the success or failure of the made solution, and in the learning process. Afetividade, Cognição, Resolução de Problemas, Ensino de Física.

**Keywords:** Affectivity, Cognition, Problems Solving, Physics Teaching

### **INTRODUÇÃO**

Há recentemente na Educação Científica um crescimento da consciência coletiva que aspectos *afetivos* influem significativamente na atividade intelectual dos indivíduos, em

particular, na aprendizagem (Pintrich et al., 1993; Tyson et al., 1997; Alsop & Watts, 2000; Villani, 1992; Villani & Cabral, 1997; Chinn & Brewer, 1993; Custódio & Pietrocola, 2007). Gómez-Chácon (2003) sugere que os afetos formam um sistema regulador da estrutura de conhecimento do estudante. Portanto, “*não basta conhecer de maneira apropriada os fatos, os algoritmos e os procedimentos para garantir o sucesso nesse sujeito*” (p. 24). Similarmente, Alsop & Watts (2000) assumem a premissa que a aprendizagem é influenciada por sentimentos e emoções e, reciprocamente, a aprendizagem pode influenciar sentimentos e emoções. Eles desenvolvem a idéia que dependendo do status da *relevância* de um tópico, um estudante pode ter a aprendizagem estimulada ou inibida.

Dentro das correntes que investigam as influências do afeto na aprendizagem a que explora os componentes pessoais da motivação dos estudantes tem merecido destaque. Pesquisadores desta tradição consideram que a aprendizagem se caracteriza como um processo cognitivo e motivacional. Isto é, para aprender é imprescindível ter as capacidades, os conhecimentos, as estratégias e destrezas necessárias (componentes cognitivos), porém também é necessário ter disposição, intenção e motivação suficientes (componentes motivacionais) (Bacete & Betoret, 1997). Neste sentido, Pintrich e De Groot (1990) argumentam que, para obter bons resultados, os alunos precisam possuir tanto “vontade” quanto “habilidade”.

Pintrich e De Groot (1990) consideram que existem três descritores básicos quando se fala em motivação. Um componente de *auto-eficácia*, que inclui as crenças dos estudantes sobre sua capacidade de realizar uma tarefa. Este componente poderia se traduzir na seguinte pergunta: “sou capaz de realizar esta tarefa?”. Um componente de *valor*, que inclui as *metas* dos estudantes e e as crenças sobre a *importância* e *interesse* na tarefa. Este componente poderia se traduzir na seguinte pergunta: “por que faço esta tarefa? Um componente afetivo, que inclui as reações emocionais do estudante durante a tarefa. Este componente poderia se traduzir na seguinte pergunta: “como me sinto ao fazer esta tarefa?”.

Diversos estudos atestam o poder de indução destes descritores no comportamento. Por exemplo, Pajares e Kranzler (1995) argumentam que as crenças de auto-eficácia influenciam as escolhas que os estudantes fazem, o esforço que eles despendem, a perseverança que eles manterão face as dificuldades, e os padrões de pensamento e reações emocionais que experimentarão. Segundo estes autores, um alto senso de eficácia pode servir para melhorar o desempenho dos estudantes nas atividades escolares, não porque os torna mais capazes cognitivamente, mas porque gera grande interesse e atenção nelas, aumentando o esforço e perseverança frente às adversidades.

O componente de valor da motivação dos estudantes inclui as *metas* e as crenças sobre a *importância* e *interesse*. Este componente motivacional revela as razões de um estudante para se engajar em uma atividade (Pintrich & Schunk, 2002). Quando o estudante está orientado para meta de *aprendizagem*, ele se concentra em tentar aprender todos os conteúdos da disciplina, tem interesse e julga importante o aprendizado do domínio conceitual em foco. Também considera que o sucesso nas atividades escolares consiste em melhoria de conhecimentos e habilidades, aliados ao domínio cada vez maior dos conteúdos. Tem a crença que resultados positivos são fruto de seu próprio esforço e enfrenta os desafios como algo que o fará crescer intelectualmente. Os sentimentos frente ao êxito são de orgulho e realização e os fracassos são considerados como inerentes ao processo de aprendizagem (Rocha, 2002; Ruiz, 2005). Ao contrário, quando o estudante

está voltado para meta *desempenho*, tenta se focalizar mais em si do que na tarefa, principalmente ao se deparar com fracasso, o qual atribui á falta de capacidades, apresentando, em geral, emoções negativas (Bacete & Betoret, 1997).

O terceiro componente motivacional se refere ao impacto das emoções na realização das atividades escolares. Esta dimensão é frequentemente abordada em termos de *atitudes e emoções*. *Atitude* é uma disposição interior da pessoa que se traduz em reações emotivas moderadas que são assimiladas e, depois, experimentadas sempre que a pessoa é posta perante um objeto (idéia ou atividade). Estas reações emotivas levam-na a aproximar-se desse objeto, a ser favorável, ou a afastar-se dele, a ser desfavorável (Neves & Carvalho, 2003). Incluem, portanto, de três componentes: um cognitivo, que se manifesta nas crenças implícitas em tal atitude; um componente afetivo, que se manifesta nos sentimentos de aceitação ou de repúdio da tarefa ou da matéria; e um componente intencional ou de tendência a certo tipo de comportamento (Hart, 1989). Bagozzi et al. (1999) definem *emoção* como um estado mental de prontidão que surge de apreciações cognitivas de eventos ou pensamentos. Assim, uma emoção tem um tom fenomenológico, é acompanhada por processos fisiológicos, é geralmente expressa fisicamente (com gestos, postura, expressões faciais) e pode resultar em ações específicas, que irão depender de sua natureza e significado para a pessoa que sente a emoção.

Neste trabalho, pretendemos investigar como essas variáveis interagem com os processos cognitivos desenvolvidos por estudantes do ensino médio durante atividades de resolução de problemas. Em particular, temos interesse no mapeamento das reações emocionais dos estudantes e suas implicações no sucesso ou fracasso da solução praticada.

## **RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS (RP) E AFETIVIDADE**

No Ensino de Física uma parte significativa da carga horária das aulas costuma ser dedicada para sessões de Resolução de Problemas. Isto é facilmente constatável nos sistemas educacionais de diversos países, sendo inclusive uma característica básica da realidade educacional brasileira. Embora seja reservado todo esse tempo das aulas para sessões de Resolução de Problemas é constatado um baixo desempenho dos alunos nas resoluções praticadas. Essa aparente contradição, muito tempo e baixo desempenho, tem sido levantada por vários pesquisadores que há algumas décadas vem propondo alternativas para melhorar o rendimento dos estudantes em tais atividades (Pozo & Crespo, 1998; Peduzzi, 1997; Escudero, 1996; entre outros).

Todavia, pesquisadores em educação científica ao abordar a temática da RP geralmente dirigem esforços em compreender os mecanismos cognitivos imbricados na interpretação, análise e solução de um problema, conforme atesta a recente revisão de literatura de Vasconcelos et al. (2007). Os didáticos da matemática tem sido exceção neste quadro. Por exemplo, Macleod (1993) diz que emoções negativas podem acompanhar a construção de novas idéias enquanto emoções negativas se associam a bloqueios na resolução do problema e podem levar o estudante ao aborrecimento ou criarem conjecturas espúrias. Owens et al. (1998) argumentam que a qualidade da atividade didática utilizada em sala de aula pode levar os estudantes de estados afetivos negativos para estados afetivos positivos, isto dependeria fundamentalmente do nível de compreensão alcançado. Gómez-Chácon (2003, 2006) afirma que em atividades de resolução os estudantes podem ser levados a bloqueios em razão do descontrole sobre algumas emoções. Estes bloqueios podem levar o indivíduo a interpretar as falhas iniciais na resolução de problemas como um

sinal de que deve abandoná-lo, experimentado sentimentos negativos com a não execução da tarefa. Gómez-Chácon também considera que as *crenças* do estudante sobre a natureza da tarefa ou do conteúdo podem também ser fontes de bloqueios e conseqüente condução a estados afetivos negativos.

Por outro lado, na área de Ensino de Física há uma tradição forte de pesquisa sobre a temática de Resolução de Problemas, que já resultou em vários resultados relevantes que dizem respeito à dimensão cognitiva e metodológica envolvida nestas atividades didáticas, estando ainda em aberto o estudo da dimensão afetiva. Acreditamos que a dimensão afetiva interfere no processo de ensino e aprendizagem, conseqüentemente podendo ser motivadora de um baixo desempenho de alunos em atividades de RP. Acreditamos também, que com a presente pesquisa, possamos apontar elementos que auxiliem em um possível controle da geração e transformação de afetos e atitudes em sala de aula.

## **METODOLOGIA**

Este é um estudo exploratório de natureza interpretativa, priorizando a análise em profundidade de alguns poucos casos. Os resultados culminaram em hipóteses acerca do comportamento dos sujeitos investigados. Optamos por uma análise interpretativo de poucos sujeitos, dado que se considera que é uma metodologia adequada para extrair informações confiáveis sobre as reações afetivas dos sujeitos em situações de resolução de problemas. Nossa investigação se constituiu de 4 fases:

- 1- Questionário motivacional:** Foi elaborado um questionário (Anexo I) a fim de se identificar as crenças motivacionais dos sujeitos envolvidos na pesquisa. Em particular, o questionário pretendia identificar a consciência dos sujeitos investigados sobre suas reações emocionais durante as atividades de resolução de problemas. Algumas questões foram originalmente elaboradas e outras adaptadas de Pintrich e De Groot (1990). Incluímos ainda as categorias crenças sobre os professores e e crenças sobre ADRP (Gómez-Chacón, 2003, 2006).
- 2- Proposição e resolução do problema:** Foram elaborados 3 tipos de situações problemas: uma do campo conceitual da mecânica, uma do campo conceitual da calorimetria e outra do campo conceitual ótica geométrica. Todos as situações problemas tinham características de problemas fechados. Neste trabalho, por limitação de espaço, discutiremos apenas os dados referentes a resolução da situação problema do campo conceitual da ótica geométrica (Anexo II). Foram utilizados alguns marcadores de humor para facilitar aos sujeitos da pesquisa a expressão de suas emoções. Esses marcadores são os mesmos utilizados em conversas pela internet, portanto, bem conhecidos dos estudantes do ensino médio. A atividade de resolução do problema foi videogravada, com a finalidade de identificarmos reações afetivas dos sujeitos que orientassem a fase de entrevista. Os documentos produzidos pelos sujeitos foram recolhidos para análise.
- 3- Gráfico emocional:** Depois da atividade de resolução do problema os sujeitos foram solicitados a construir um gráfico emocional. A utilização deste instrumento teve como objetivo recolher informações por intermédio de um gráfico das reações afetivas dos estudantes (magnitude, direção, consciência e controle das emoções) e origem das mesmas (dinâmica de interação entre os fatores afetivos e cognitivos). As dimensões magnitude, direção, consciência e origem ficam explicitadas por meio dos traços que o aluno efetua ao desenhar o gráfico de suas emoções e por

intermédio das anotações que realiza sobre as exigências cognitivas necessárias para resolver a tarefa proposta (Gómez-Chácon, 2003).

- 4- Entrevista com auto-análise retrospectiva das gravações em vídeo:** Os sujeitos foram submetidos à entrevistas semi-estruturadas, realizadas por um de nós (LP), com base nas questões do questionário motivacional e na própria auto-análise da gravação da atividade de resolução do problema. A auto-análise consistia em apresentar a gravação em vídeo para o sujeito e lhe solicitar que indicasse ou explicasse as reações afetivas que tivera nos momentos destacados. Esse procedimento permitia alimentar o teor da entrevista. As entrevistas foram gravadas em áudio e tiveram duração média de 1h e 30 min. Posteriormente, transcrevemos as passagens que julgamos mais representativas.

Participaram desta pesquisa 5 estudantes do Ensino Médio da rede pública e particular da cidade de Joinville. A opção por um número reduzido de participante se deveu em parte a própria natureza do trabalho, ou seja, um estudo qualitativo exploratório. Mas, por outro lado, também pela necessidade de validar os instrumentos de pesquisa para estudos posteriores.

Nós escolhemos duas estudantes, que chamaremos de “Maria” e “Laura”, para uma análise em profundidade. A seleção destas duas estudantes se deu por motivos relacionados ao perfil motivacional traçado para as duas, e pelos resultados de sucesso e fracasso encontrados na atividade. Estas estudantes solucionaram o problema oriundo do campo conceitual da ótica, constante no anexo II. Trata-se de um problema fechado clássico. Optamos por utilizar um problema fechado porque o nosso foco era as reações afetivas do indivíduo ao longo da resolução do problema e não o percurso cognitivo necessário para resolução, embora haja relação entre os dois.

## RESULTADOS

### *Questionário motivacional*

Os dados provenientes do questionário motivacional permitiram descrevermos elementos significativos que caracterizam as crenças das estudantes Maria e Laura sobre sua auto-eficácia na solução de problemas, o valor da atividades didática de resolução de problemas, suas metas de aprendizagem, crenças sobre as atividades de resolução de problemas, crenças sobre o papel do professor nas atividades didáticas de resolução de problemas e, finalmente, suas reações afetivas nestas situações.

Maria e Laura apresentam certas características diferentes em suas crenças motivacionais. Por exemplo, Laura parece mais confiante em resolver problemas do que Maria. Ela declara explicitamente que se considera boa solucionadora de problemas e que seu desempenho independe do contexto da solução. Já Maria, considera seu desempenho dependente da atuação do professor e do contexto em que se realiza a solução. Outra diferença pode ser inferida ao se analisar os objetivos de aprendizagem das duas estudantes. Maria considera a obtenção de boas notas o elemento motivacional principal dos seus estudos. Laura, por sua vez, percebe a obtenção de boas notas como um resultado da aprendizagem e não um objetivo a ser perseguido.

Todavia, existem algumas semelhanças nos perfis das duas estudantes. Ambas consideram as ações educativas do professor elemento essencial para o entendimento dos conteúdos abordados em sala. As estudantes também concordam que as atividades de

resolução de problemas são extremamente úteis para desenvolver habilidades cognitivas e, quando associados a temas significativos, permitem o entendimento do mundo. Vale ressaltar ainda, que as estudantes demonstram claramente a consciência de reações afetivas durante a resolução de problemas e da formação de atitudes com relação a tais atividades. Maria e Laura reconhecem a presença do afeto negativo quando sofrem algum bloqueio cognitivo no decorrer da resolução de um problema. Por outro lado, indicam explicitamente que a atividade de resolução de problemas pode ser altamente prazerosa quando os resultados corretos são alcançados.

Nós acreditamos que o tipo de relação que as estudantes desenvolvem com as atividades de resolução de problemas, descrita brevemente na análise prévia, pode favorecer ou bloquear o processo cognitivo desencadeado durante a resolução. Isto é, as variáveis motivacionais acima descritas delinearão o contexto em que os processos cognitivos se desenvolveram, em termos do engajamento e da ativação de recursos para execução da tarefa.

### ***Proposição e resolução do problema***

Por intermédio do estudo dos gráficos emocionais de Maria e Laura, mostrados respectivamente nas figuras 1 e 7, podemos detectar as interrupções na interação cognição-afeto e como se articulam com o processo de resolução de problemas. Neles, Maria e Laura manifestam a magnitude, direção e consciência de suas reações afetivas. Vamos optar por analisar o gráfico emocional em mais detalhes confrontando-o com extratos das entrevistas, observações realizadas e a resoluções produzidas pelas estudantes.

Maria

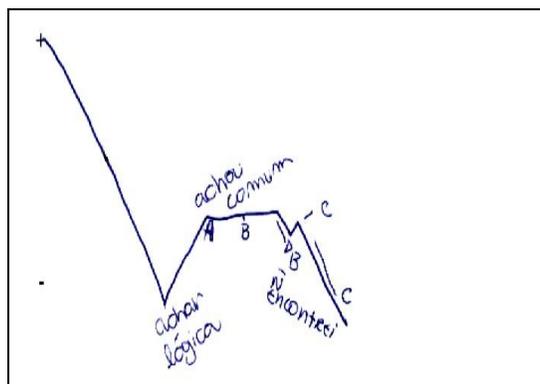


Figura 01. Gráfico emocional de Maria

Antes de iniciar a resolução, Maria aparenta se sentir particularmente bem, relendo o enunciado diversas vezes, de forma muito atenta. Ao iniciar a resolução, porém, parece estar insegura, com um semblante de inquietude. Quando questionada a respeito de seu comportamento, na entrevista de auto-análise retrospectiva, a aluna apresenta a seguinte justificativa:

Eu comecei a ver as fórmulas, qual fórmula se encaixava. Pode ver, né? Qual fórmula se encaixava ...O que tem a ver! Daí eu comecei aqui...meu, nada a ver! Daí eu cortei o zero...1,8...eu preciso dividir?...não, não...isso ta errado. E...foi isso.

A declaração de Maria é corroborada no extrato mostrado na figura 02. Maria demonstra a necessidade de encontrar algoritmos matemáticos para a resolução, independentemente da interpretação realizada durante a leitura. Podemos perceber que a aluna utiliza os marcadores assustada e procura arbitrariamente realizar operações matemáticas substituindo valores numéricos no lugar das unidades da constante da velocidade da luz e subseqüentemente na função que define o índice de refração como a relação entre a velocidade no meio e no vácuo. Maria demonstra, assim como no questionário motivacional, certo receio quanto ao formalismo matemático, dada a sua insistência em utilizar somente as equações mais simples do formulário.

Etapa 1 =0	Estou sem idéias, mas, convenci-me da fórmula, descobri que, estou errada.	$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ $c = 30^\circ \times 0,5$ $c = 150 \text{ m/s}$  $\begin{array}{r} 30 \\ 150 \div \\ \hline 5 \\ 150 \\ \hline 30 \\ 150 \\ \hline 5 \end{array}$ <i>acredito que errada.</i>
Etapa 2 =0	Cicho que não é essa a fórmula.	$n_1 = \frac{0,5}{0,9} = (1,8)$ <i>mais 3 x 10^8</i>

Figura 02. Extrato da resolução de Maria (parte A)

Na etapa seguinte, cujo extrato de resolução é mostrada na figura 3, Maria, já convencida de que não seria possível alcançar resultados com as operações realizadas, tenta utilizar a Lei de Snell para a resolução do problema. No entanto, a dificuldade com a interpretação dos termos e com operações matemáticas básicas demonstram que a utilização desta equação não é decorrente de uma possível interpretação do enunciado, mas sim da necessidade de encontrar um algoritmo numérico para a resolução.

Etapa 3 =C	O que é m?	$m_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ $\frac{0,5}{0,9}$ <u>derivate</u>
---------------	------------	---

Figura 03. Extrato da resolução de Maria (parte A)

Podemos constatar isso também analisando o seguinte extrato retirado da entrevista:

Entrevistadora: O que você estava tentando fazer?

Maria: A primeira. Aí eu usei o seno de 30°....

Entrevistadora: Essa pergunta aqui, o que é n<sub>1</sub>? O que você achava que era?

Maria: Eu pensei que fosse assim: Naquela hora ali...tem um ali que tu colocou 'O', daí eu interpretei como 'E'.

Entrevistadora: Ah, o teta...o 'O' cortadinho, não é?

Maria: Isso, mas daí eu pensei: O que é isso? Esse 'E' ...depois quando eu fui olhar bem, eu vi que aquilo lá era um 'O'. Daí eu desisti.

Podemos observar na figura 03 que a aluna utiliza o marcador triste. Isso pode ser interpretado como um sinal de frustração e consequente bloqueio frente a impossibilidade de desenvolver a solução. Analisando o gráfico emocional de Maria notamos claramente que ela inicia a sessão apresentando afeto positivo, mas com o desenvolver da resolução do problema suas emoções mudam de direção culminando em um estado de afeto negativo (primeiro ponto de inflexão no gráfico emocional) em virtude do bloqueio durante a solução.

Etapa 4  = (	Bem, não confio no resultado	$C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ $C = 3 \times 0,0000008$ $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ $\text{pa.}$ $C = 0,9 \times 0,5$ $C = 45 \text{ m/s}$	$\begin{array}{r} 9 \\ 09 \\ \times 0,5 \\ \hline 45 \end{array}$
--------------------	---------------------------------------	---	---

Figura 04. Extrato da resolução de Maria (parte A)

Após o momento de bloqueio, observamos na figura 4, que a aluna retorna a sua tentativa inicial, utilizando novamente o valor da constante da velocidade da luz no vácuo para realizar duas novas operações. Da primeira operação Maria acabou desistindo por motivos que ela mesma explica extrato a seguir:

Entrevistadora: O que você pretendia fazer?

Maria: .... Eu comecei aqui, e vi que tinha muito zero...eu não gosto de zero!

Entrevistadora: Você não gosta de zero?

Maria: Não.

Na tentativa seguinte, apesar de não estar contente com a decisão tomada (como podemos observar no marcador utilizado nesta etapa), a aluna sente-se melhor por ter atingido um resultado numérico para a questão. Isso pode ser constatado ao verificarmos a mudança de direção, ainda amena, a partir do primeiro ponto de inflexão no gráfico emocional. A que parece, Maria muda seu estado emocional ao atingir o resultado, porém, por não ter confiança, acaba não se satisfazendo plenamente com a resposta. No extrato abaixo ela explica suas reações afetivas entre o primeiro ponto de inflexão do gráfico e o início da resolução da parte B do problema.

Entrevistadora: E esse ponto aqui? [a partir do primeiro ponto de inflexão]

Maria: Foi a hora que eu parei e vi, comecei a ver que uma coisa encaixa com a outra. Eu não sei se tá certo, né? Mas, quando eu fui vendo assim: Peraí, essa coisa encaixa com esta. E essa coisa assim, também tem a ver com essa, entende? Aí foi aumentando a minha auto estima.

Na parte B do problema, a aluna continua aparentando não saber interpretação física adequada, pois permanece trabalhando com o formalismo aleatoriamente, como podemos observar na figura 05. Conforme demonstra o marcador, Maria continua insatisfeita com sua resposta. A região do gráfico emocional entre o início da resolução da parte B e o segundo ponto de inflexão mais descendente, indica que a preocupação maior de Maria reside em encontrar um resultado numérico, mesmo que ele não seja solicitado no enunciado. Maria

não consegue responder a questão segundo a interpretação do fenômeno, uma vez que importa-se somente com as operações matemáticas que deverá realizar dentro do algoritmo.

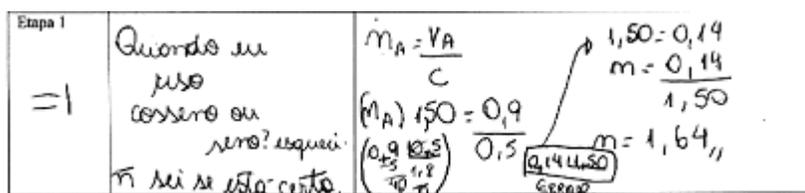


Figura 05. Extrato da resolução de Maria (parte B)

Na parte C do problema, como podemos observar na última linha descendente do gráfico emocional e na figura 6, Maria realiza uma última tentativa, utilizando os índices de refração do ar e do vidro em uma operação matemática aleatória. Os marcadores e os comentários utilizados pela aluna na folha de resolução denotam tristeza por não conseguir atingir um resultado coerente, assim como a direção do afeto no gráfico emocional.

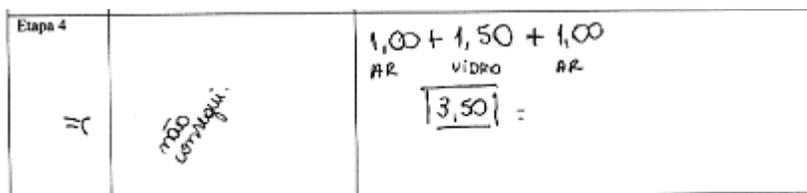


Figura 06. Extrato da resolução de Maria (parte B)

Em síntese, Maria experimentou diversas dificuldades no decorrer da solução do problema, que frequentemente se sobrepuseram a estados afetivos negativos, e embora apresentando alguns momentos de estabilidade, ficou definitivamente instalada em estados emocionais negativos até o final da tarefa.

### Laura

Utilizaremos a mesma metodologia anterior para analisar os dados referentes a resolução e entrevista de Laura. A figura 07 mostra seu gráfico emocional.

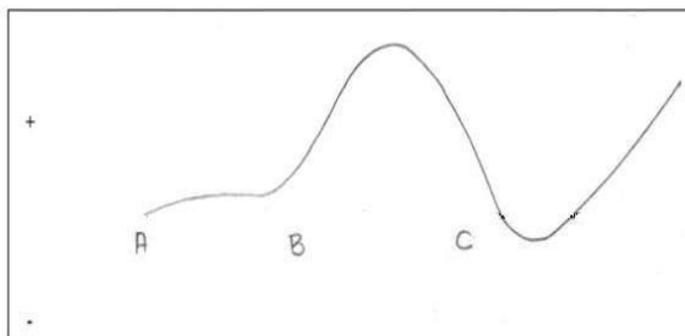


Figura 07. Gráfico emocional de Laura

Inicialmente, Laura realiza a leitura do enunciado de forma compenetrada. Analisa todas as possibilidades e após perceber a quantidade de relações matemáticas que deverá realizar, deixa a parte A do problema para a o final, partindo para resolução dos outros itens. No extrato abaixo ela declara receio em realizar operações matemáticas mais complexas.

Laura: você assusta um pouco porque primeiro você tinha que encontrar um valor para descobrir outro para depois descobrir o outro. Então é ela que dá o impacto maior, e por isso eu deixei para fazer por último.

Quando Laura inicia efetivamente a resolução, podemos perceber pelo marcador, mostrada na figura 8, a permanência do receio em formular a hipótese inicial para resolução. Todavia, nas etapas posteriores, ao conseguir encadear o raciocínio correto, Laura parece tranquilizar-se. A linha quase horizontal da primeira parte do gráfico emocional denota este estado de equilíbrio. Tudo indica que Laura passa a exercer domínio sobre a situação ao transpor a dificuldade provocada na leitura inicial.

Etapas 1 = 0		$V = \frac{C}{n}$ $n = \frac{m_{\text{usa}} \cdot 0,56}{0,5 \cdot 10^2}$ $n = \frac{18 \cdot 0,56 \cdot 10^2}{0,5 \cdot 10^2}$
-----------------	--	--

Figura 08. Extrato da resolução de Laura (parte A)

Apesar de ainda apresentar o marcador sem alterações, o comentário realizado no campo etapa 4 mostrado na figura 9, indica que Laura enfrentou dificuldades em realizar algumas operações matemáticas. Embora não tenha se constituído um bloqueio, ela explicita sua aversão por divisões. Em seguida Laura finaliza a resolução do problema, o que a conduz ao estado de satisfação, segundo o marcador usado e o comentário tecido. A satisfação de Laura também pode ser percebida ao observamos a primeira elevação no gráfico emocional (até B).

Etapas 4 = 1	Não optei de divisões.	$V = \frac{3 \cdot 10^8}{\frac{504}{325}}$ $V = 3 \cdot 10^8 \cdot \frac{325}{504} = \frac{325 \cdot 10^8}{168} \approx 1,93 \cdot 10^8$
Etapas 5 = 2	Mas o problema é bem legal, muito bem colocado!	$V \approx 1,93 \cdot 10^8 \text{ Km 15}$

Figura 09. Extrato da resolução de Laura (parte A)

Laura escolheu iniciar a solução do problema pela parte B. Sua escolha se deveu justamente por sentir maior segurança para resolvê-la. Podemos perceber isso no aumento da magnitude do afeto positivo (a partir de B) no gráfico emocional, bem como no trecho da entrevista mostrado a seguir.

Entrevistadora: você começou fazendo a parte B ou C?

Laura: a B, porque era mais tranquila, mais fácil.

Entrevistadora: você achou mais fácil?

Laura: era a mais fácil. Era que...ela mexe realmente com seno cosseno... a segunda que era uma análise do terreno da relação com a refração, já era um pouco mais sem matemática.

Essa segurança pode indicar desinteresse ou até um receio por questões quantitativas que exigem demasiada manipulação algébrica, e de forma mais exacerbada até uma repulsa a problemas desta natureza, como percebemos parte anterior da análise.

Nas etapas seguintes, ao raciocinar sobre o que ocorreria se o ângulo de incidência fosse maior do que ângulo crítico, Laura utiliza apenas o marcador feliz. Contudo, a utilização desses marcadores não implica necessariamente em uma maior facilidade para resolver problemas com essas características, nem que o problema esteja correto. Se prestarmos atenção à etapa 3, perceberemos que a resolução está incorreta. Laura possivelmente equivocou-se por não entender conceitualmente o índice de refração ( $n$ ), atribuindo a este valores genéricos. Embora não tenha respondido corretamente a questão, tudo indica que Laura tenha interesse maior na resolução de problemas conceituais e qualitativos, em detrimento daqueles puramente quantitativos. Julgar o problema interessante encontrar uma solução manteve Laura em estados afetivos positivos na solução da parte B.

<p>Etapa 2</p> <p>=)</p>	<p>é uma demonstração</p>	<p><math>\theta_1 = 90^\circ</math>  <math>\theta_2 = 90^\circ \rightarrow 1,5 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot 1</math>  <math>n_2 = 1,5</math></p> <p><math>\theta_1 = 120^\circ</math>  <math>\theta_2 = 90^\circ \rightarrow 1,5 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot 1</math>  <math>n_2 = 1,35</math></p> 
<p>Etapa 3</p> <p>=)</p>	<p>OK!</p>	<p>Quando o ângulo aumentar até <math>90^\circ</math> ou <math>\frac{\pi}{2}</math> rad, o valor <math>n_2</math> também aumentará, até no máximo 1,5. A partir de <math>90^\circ</math> o valor voltará a diminuir</p>

Figura 10. Extrato da resolução de Laura (parte B)

A aluna inicia a questão de forma correta, e responde a mesma já na etapa 1. Ao que tudo indica, a aluna respondeu à questão de forma mnemônica, dado a ausência de explicações para o fenômeno (mesmo que qualitativas) e a análise que podemos fazer do extrato retirado da entrevista, como segue:

Laura: era mais uma questão de... realmente teoria da Física. Que o grau de incidência é igual ao grau que sai do outro lado quando passa pro mesmo meio... então a última, a letra c era mais assim com... bem legal.

Podemos notar neste extrato, que Laura sente-se mais envolvida com o problema e, de certa forma, parece gostar mais deste tipo de problema, sentindo-se mais à vontade e, mais confiante perante o mesmo. Entretanto, ao tentar provar quantitativamente as suposições que havia feito, acaba realizando uma tentativa frustrada e direcionando-se ao afeto negativo, como mostra o gráfico emocional (a partir de C). Na tentativa seguinte, fazendo novas suposições sobre os ângulos de incidência, Laura consegue encontrar um resultado que julga coerente e novamente é conduzida para o afeto positivo, como mostra a elevação e a magnitude da parte final do gráfico emocional.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos por intermédio deste estudo exploratório evidenciam a presença de emoções negativas e positivas durante as atividades de resolução de problemas. Foram mapeadas emoções como alegria, tristeza, satisfação e frustração, fortemente ligadas a processos que incentivam ou obstruem o processo resolutivo. O afeto negativo esteve, em geral, associado a situações de bloqueio durante a resolução no caso de Maria, e em situações de não aceitação da resposta ou dos métodos matemáticos, no caso de Laura. Já ocorrência do afeto positivo foi majoritariamente na identificação da heurística necessária à resolução ou com o alcance do resultado final. Tais reações afetivas mediaram os processos cognitivos e determinaram o nível de motivação das estudantes.

Outro fator que merece ser destacado é o impacto das crenças motivacionais no desempenho das estudantes. Em particular, a auto-eficácia do estudante parece ser o ponto que define o perfil das atitudes tomadas mediante qualquer tipo de afeto (Pajares & Kranzler, 1995; Pintrich & Schunck, 2002). Por exemplo, Laura que se declarou boa solucionadora de problemas, conseguiu controlar e superar suas reações negativas durante a resolução, pois tinha consciência da possibilidade de um bom desempenho. Maria, por sua vez, não confiava em suas respostas e até mesmo se frustrava com elas. Também podemos concluir que a crença que o raciocínio lógico é a habilidade principal necessária para resolver um problema, e que a resolução de problemas desenvolve esta potencialidade, acaba mascarando aos próprios estudantes o efeito de seus afetos no processo de resolução de problemas.

Com os resultados da análise podemos verificar ainda que os estudantes, até aqueles com um bom julgamento de auto-eficácia, tem receio quanto à formalização e argumentação matemática. Eles sentem medo de formular hipóteses iniciais, e muitas vezes, acabam passando por momentos de bloqueio cognitivo-afetivo em função da idéia de necessidade de criar algoritmos matemáticos, mesmo que o problema seja puramente qualitativo. Isso nos leva, de certa forma, a repensar o ato de ensinar Física. Em geral, se ensina os estudantes a simplesmente resolver problemas quantitativos de forma sistêmica, sem nem ao menos incentivá-los a pensar. Assim, eles acabam entendendo a ADRP como um jogo de reconhecimento de algoritmos, e não como a interpretação fenomenológica para situações apresentadas.

Foi possível verificar que as estudantes acabaram apresentando emoções positivas perante problemas mais contextualizados (Parte C do problema), mesmo não estando adaptadas com o uso deste tipo de problema em sala de aula. Ao que parece, são mobilizadas atitudes mais favoráveis com esse tipo de problema, e consequentemente resultados mais significativos no desempenho do estudante. Isso nos leva a crer, além de cognitivamente ricos, problemas contextualizados podem ser transformadores de afetos e atitudes em sala de aula, e a apresentação deste tipo de problema, de forma mais contínua dentro de sala de aula, pode ser motivador na melhora do desempenho em atividades de RP.

Finalmente, gostaríamos de deixar claro os limites deste trabalho. Por se tratar de um estudo de caráter exploratório optamos por investigar um grupo pequeno e em contexto experimental. Isto nos impede, portanto, de buscar extrapolar a extensão dos resultados obtidos. Entretanto, a riqueza da análise precedente permite supor que estes tipos de reações são presentes em situações reais de sala de aula e que o baixo desempenho na disciplina de física e, em particular, nas atividade de resolução de problemas, está associado

a essas reações. Ademais, os resultados obtidos nos inspiram a demonstrar em trabalhos futuros a conexão entre variáveis afetivas e atividades de RP no contexto de sala de aula.

## REFERÊNCIAS

- Alsop, S. & Watts, M. Facts and feelings: exploring the affective domain in the learning of physics. *Physics Education*, 35 (2), p. 132-138, 2000.
- Bacete, F. J. G., & Betoret, F. D. (1997). Motivación, aprendizaje y rendimiento escolar. *Revista Española de Motivación y Emoción*, 1, 55-65.
- Bagozzi, R. P.; Gopinath, M.; Nyer, P. U. The role of emotions in marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science*, vol. 27 (2), 184-206, 1999.
- Custódio, J. F. & Pietrocola, M. Status afetivo e sentimento de entendimento: critérios de aceitação de explicações escolares. VI ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências), Florianópolis, 2007.
- Escudero, C. Los procedimientos en resolución de problemas de alumnos de 3º año: caracterización a través de entrevistas. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre/BRA, IF/UFRGS, 1(3), 241-256, 1996.
- Gómez-Chacón, I. M. Matemática emocional: os afetos na aprendizagem matemática. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- Gómez-Chacón, I. M; Op't eyende, P. & De Corte, E. Creencias dos estudantes das matemáticas. La influencia del contexto de clase. *Enseñaza de las ciências*, 23(4), p. 309-324, 2006.
- Hart, L. E. Describing the affective domain: say what we mean. In: D. B. Mcleod & V. M. Adams (Eds.). Affect and mathematical problem solving: a new perspective. Nova York: Springer-Verlag, 1989, p. 37-48.
- McLeod, D. B.: 'Research on affect in mathematics education: A reconceptualisation', in D. Grouws (ed.) *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, New York: Macmillan Publishing, pp. 575-596, 1993.
- Neves, M. C. & Carvalho, C. A importância das emoções na aprendizagem da matemática: um estudo de caso múltiplo com alunos do 8 ano. SIEM, sociedade portuguesa de ciências da educação, Santarém, 2003.
- Owens, K; Perry, B.; Conroy, J.; Geoghegan, N. & Howe, P. Responsiveness and affective process in the interactive construction of understanding in mathematics. *Educational Studies in Mathematics* 35: 105-127, 1998.
- Pajares, F., & Kranzler, J. Self-efficacy beliefs and general mental ability in mathematical problem-solving. *Contemporary Educational Psychology*, 20, 426-443, 1995.
- Peduzzi, L. O.Q. 'Sobre a resolução de problemas no ensino da física'. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, UFSC, 14(3), 229-253, 1997.
- Pozo, J. I. & Crespo, G. M. A. *Aprender y Enseñar Ciencia*. Editora Morata, Madrid/ESP. 1998.

- Pintrich, P. R., & De Groot, E. V. Motivational and self-regulated learning components of classroom performance. *Journal of Educational Psychology*, 82, 33-40, 1990.
- Pintrich, P. R. & Schunck, D. H. *Motivation in education: theory, research and application*, New Jersey: Pearson Educatio Inc., 2002.
- Pintrich, P. R.; Marx, R. W. & Boyle, R. A. Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of educational research*, 63, 167-200, 1993.
- Rocha, M. S.. *Cognições de futuros e atuais professores sobre como motivar os alunos*. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Londrina. 2002.
- Ruiz, M. V. *Aprendizagem em universitários: variáveis motivacionais*. Dissertação de mestrado. PUC-Campinas. 2005.
- Villani, A. Conceptual change in science and science education. *Science Education*, 76, p. 223-237, 1992.
- Villani, A. & Cabral, T. C. B. Mudança conceitual, subjetividade e psicanálise. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2 (1), 1997.
- Tyson, L. M.; Venville, G. J.; Harrison, A. G. & Treagust, D. F. A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81, p. 387-404, 1997.

## ANEXO I

### Questionário motivacional

#### *Auto Eficácia*

Você se considera um bom solucionador de problemas de Física?

Você acredita que o seu desempenho em atividades de Resolução de Problemas muda de acordo com a situação (em prova, durante as aulas, em casa, em grupo)?

Você acredita que seu desempenho varia com o conteúdo abordado?

Quais habilidades você julga serem necessárias para você conseguir resolver corretamente um problema de Física?

#### *Valor da Atividade de Resolução de Problemas*

Você considera a atividade de Resolução de problemas interessante?

Você acredita que a Atividade de Resolução de Problemas permite uma melhor compreensão das situações do seu cotidiano?

Em sua opinião, a Resolução de Problemas pode se considerada uma atividade importante? Para que?

Você julga que a Atividade de Resolução de Problemas é fundamental para o entendimento do conteúdo de Física?

#### *Meta de Aprendizagem/Desempenho*

Quando você resolve problemas, o faz procurando melhorar sua aprendizagem ou se preparar para obter boas notas?

Para você, o que significa resolver um problema de Física?

Na sua opinião, quando é possível dizer que aprendeu, que sabe resolver um problema de Física?

#### *Crenças sobre o Professor*

O que você acredita que seu professor deveria fazer para melhorar o seu desempenho na Resolução de Problemas de Física?

### ***Crenças sobre as Atividades de Resolução de Problemas***

Você acredita que a prática de Atividades de Resolução de Problemas é suficiente para obter um bom desempenho na disciplina de Física?

A disciplina de Física possibilita o trabalho de resolução de problemas com quais características?

Para você, como deve ser um bom problema de Física?

Para você, quando um problema de Física passa a ser considerado de difícil resolução e quais são as características presentes neste tipo de problemas?

Gostar ou não de Física influencia no seu desempenho durante a Atividade de resolução de Problemas, dentro da disciplina?

### ***Atitudes e Emoções***

Como você se sente ao resolver um problema de Física durante as seguintes situações:

- a) Em casa:
- b) Durante as aulas:
- c) Em prova:
- d) Em grupo:
- e) Em outras situações (se houverem):

Como você se sente quando não consegue resolver um problema de Física? Você sente o mesmo quando ocorre o contrário (quando consegue resolver)?

Para você, o que significa aprender Física? Quais seus sentimentos ou emoções sobre aprender Física?

Para você, o que significa saber Física? Quais seus sentimentos ou emoções sobre saber Física?

Quando ocorre a sua experiência mais positiva em Física? E a mais negativa? Descreva seus sentimentos nessas situações.

## **ANEXO II**

Dicas para você não se perder nos momentos de resolução:

Primeira: Durante cada etapa de resolução do problema, no campo indicado por marcador, dentro da folha de resolução, utilize-se de expressões de humor para representar estados específicos. Exemplos:

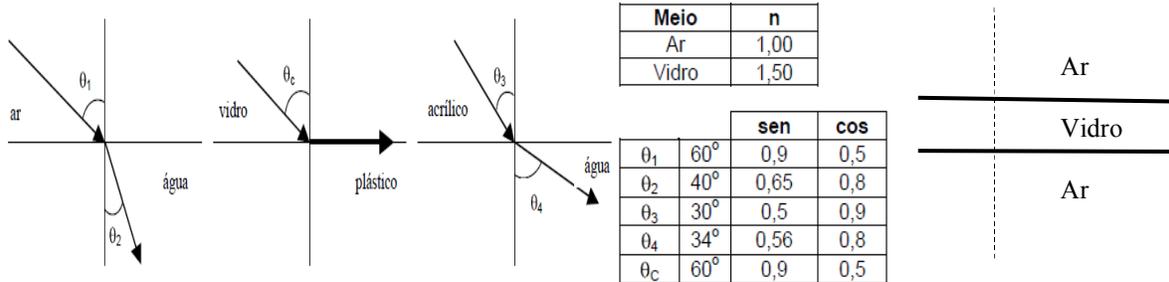
- =) Feliz
- =( Triste
- =o Assombrado/Assustado
- =| Sem alterações/Normal
- ↯ Desinteressado
- =))) Eufórico

Segunda: Utilize-se, quando possível, da linguagem verbal e escrita (no campo comentários) para registrar seu raciocínio e seu estado de humor durante a resolução. Comente os passos que toma, e as dúvidas que tem.

Terceira: O quadro de resolução serve apenas para orientar-nos e organizar os dados da resolução para análise posterior. Utilize quantas etapas forem necessárias para a resolução do problema, lembrando apenas que a resolução deve ser feita apenas no campo que lhe é designado.

## PROBLEMA

As figuras abaixo representam o caminho percorrido pela luz incidente e pela refratada, ao se propagarem em dois meios diferentes. Analise-as e determine o que se pede nos itens abaixo. Utilize as tabelas dadas, se necessário.



- a) Encontre a velocidade de propagação da luz no acrílico.
- b) Encontre o índice de refração do plástico e diga o que acontecerá com o feixe luminoso quando o ângulo de incidência for maior do que  $\theta_c$ .
- c) Imagine-se agora observando, através de uma janela de vidro bem espesso, um garoto brincando com uma ponteira laser. Faça um esquema representando a transmissão do feixe laser no ar e no interior do vidro, quando o menino percebe que está sendo observado e tenta incidir a luz sobre você. O primeiro meio de propagação é o ar, o segundo o vidro e o último o ar. O ângulo de incidência inicial é igual a  $60^\circ$ , em relação à direção normal às superfícies.