
RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE FÍSICA MEDIA- DA POR TECNOLOGIAS⁺⁺

Carlos Alberto Souza

Colégio Agrícola de Camboriú

Camboriú – SC

Programa de Pós-Graduação em Educação – UFSC

Fábio da Purificação de Bastos

Programa de Pós-Graduação em Educação – UFSM

Santa Maria – RS

José André Peres Angotti

Programa de Pós-Graduação em Educação – UFSC

Florianópolis – SC

Resumo

Problematizamos a prática tradicional de Ensino de Física questionando os procedimentos habituais de resolução de problemas. Apontamos a passividade discente, a falta de interação dialógica e o ensino-aprendizagem isolado da investigação como os responsáveis pela não mediação tecnológica-comunicativa nas aulas e, como consequência, a falta de diálogo-problematizador no processo escolar. Orientados pelas concepções da investigação-ação e educação dialógico-problematizadora, desenvolvemos, implementamos e avaliamos um objeto escolar para resolução de problemas acoplado a um ambiente virtual de ensino-aprendizagem para Internet, ambos com fontes abertas, priorizando estratégias didáticas potencializadoras de procedimentos e habilidades, denominadas por nós de ensino-investigação-aprendizagem na perspectiva problematizadora.

⁺ Physics solving-problem mediated by technology

^{*} *Recebido: março de 2006.*

Aceito: maio de 2008.

Palavras-chave: *Resolução de problemas de Física; mediação tecnológica-comunicativa; ambiente virtual de ensino-aprendizagem.*

Abstract

We questioned the traditional practice of Physics teaching interrogating the normal procedures of solving-problem. We pointed the students' passivity out, the lack of dialog interaction, the teaching-learning activity isolated from investigation, as responsible for the technological-communication non-mediation in classroom and, consequently, the lack of the problem-dialog in school process. Oriented by the investigation-action conceptions and by the problem-dialog education, we developed, established and evaluated an school object for solving-problem linked in to a teaching-learning virtual environment for the Internet, both with open sources, prioritizing empowered didactic strategies of procedures and abilities which we named as teaching-investigation-learning in a problem perspective.

Keyword: *Physics solving problem; technology-comunicative mediation; teacher-learning virtual environment.*

I. Resolução de problemas no ensino de Ciências Naturais e Matemática e suas tecnologias

Ciência é essencialmente uma atividade de resolução de problemas (LAUDAN, 1977, p.11).

A prática, difundida entre professores de Física, de privilegiar a atividade de resolução de problemas, é incontestável (CABRAL DA COSTA; MOREIRA, 2002, p. 61).

Majoritariamente falando, na prática escolar de Física os alunos têm resistência no cumprimento das tarefas de estudo, em especial na Resolução de Pro-

blemas (RP)¹. Infelizmente, parte significativa dos alunos apenas copiam a resolução após a prática docente. Em geral, resolvemos os problemas para eles, e não com eles, deixando para os alunos apenas a tarefa de cópia. Essa prática escolar de Física reforça a memorização e a passividade, não potencializando o aprendizado dialógico-problematizador de Física.

Quem ainda não ouviu um professor de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (CNMT) – mais especificamente de Física – afirmar que seus alunos têm pouco rendimento em RP? O procedimento tradicionalmente utilizado – apresentar a teoria (leis e conceitos), resolver alguns problemas centrais e propor outros semelhantes – tem se mostrado pouco eficiente. Apesar das pesquisas em Ensino de Física sobre essa temática apresentarem bons resultados, pouco se tem avançado para modificar a situação escolar cotidiana. Também podemos comprovar que:

Se alguém entra em muitas salas de aula atualmente e observa a forma como se ensina, pensará que o professor está tentando colocar o conhecimento na cabeça dos seus alunos. Os alunos escutam passivamente uma aula magistral ou observam uma demonstração, e pode parecer que estão absorvendo tudo o que diz o professor (LEONARD et al, 2002, p. 387, grifos nossos).

Portanto, assistir à aula de Física, fazer anotações, ler, memorizar equações e resolver problemas não é suficiente para produzir um ensino-aprendizagem de qualidade (LEONARD et al, 2002). Talvez estejam faltando aos alunos as habilidades necessárias para problematizar as situações-problema apresentadas. Lembremos que as metodologias mais utilizadas são realmente eficazes para a transmissão, mas não para a problematização. Estamos nos referindo ao Ensino de Física que expõe o conhecimento e depois entrega uma lista de problemas como tarefa de estudo. Sendo assim,

A ironia do Ensino de Física é que, ainda que os alunos resolvam muitos problemas, geralmente não desenvolvem boas habilidades de resolução. Resolver muitos problemas favorece e reforça aproximações que utilizam

¹ Ressaltamos que a perspectiva de RP discutida neste artigo é mais ampla do que aquela proposta pelos livros-texto ao final dos capítulos, ou seja, os problemas de lápis e papel.

fórmulas e uma aprendizagem superficial (LEONARD et al, 2002, p. 388, grifos nossos).

Em Echeverría e Pozo (1994), encontramos que uma situação caracteriza-se como um problema quando o solucionador se envolve em um processo que requer reflexão, raciocínio e tomada de decisões sobre uma determinada seqüência de passos ou etapas a seguir. Assim, o sujeito, procurando resolver o problema, não é levado à solução de forma imediata. Para Lester (1983), um problema é uma situação que um indivíduo ou um grupo quer ou precisa resolver e para a qual não dispõe de um caminho rápido e direto que o leve à solução; enquanto Pozo e Postigo (1993) estabelecem que um problema é uma situação nova ou diferente do que já foi aprendido, que requer a utilização estratégica de técnicas já conhecidas.

Essas definições de problema fortalecem nossa decisão de não ficarmos distinguindo exercícios e problemas, tendo em vista que a diferença é bastante sutil no âmbito da didática da Física. Ela está relacionada ao indivíduo – seus conhecimentos, interesses, etc. – e à tarefa de estudo elaborada. Dessa forma, uma mesma situação pode representar um problema para um indivíduo e constituir-se num exercício para outro (PEDUZZI, 1998).

Para Zylbersztajn (1998), o fracasso nas situações de avaliação – em geral provas escritas, consistindo-se principalmente em problemas de Física – é manifestado nos altos índices de reprovação e evasão, principalmente no Ensino Médio da escolaridade básica. Além de ser uma situação frustrante e desmotivadora para alunos e professores, apresenta reflexos negativos do ponto de vista da eficiência institucional.

Do que adianta ficarmos apontando a falta de pré-requisitos como a responsável pela dificuldade na RP ou considerarmos que a solução possa estar na ampliação do número de problemas? Precisamos investir didaticamente na problematização da referida situação escolar, criando estratégias que potencializem os envolvidos a dialogarem tematicamente, capacitando-os para resolverem – a partir de procedimentos gerais – diferenciados problemas (fechados e abertos), ou seja, desenvolver procedimentos e habilidades dialógico-problematizadores de Física.

Cabral da Costa e Moreira (1997b) apontam diferentes fatores que influenciam o processo de RP. Dentre eles, destacamos: falta de motivação dos alunos ao propormos problemas que, geralmente, os alunos não sentem a necessidade de resolver; interpretação da situação-problema (razão pela qual boa parte desiste de buscar solução, considerando muito difícil e nem sabendo por onde começar); forma como o problema é inicialmente apresentado ou formulado; utilização dos conceitos-chave de Física; tendência de apenas aplicar as equações diretamente. Por

esses e outros fatores obstaculizadores, problematizar a RP, em especial o desenvolvimento mecânico e a memorização de soluções, precisa ser o objetivo dos professores e dos materiais didáticos de Física.

Borges et al (2001), investem nas atividades práticas, principalmente por entenderem que elas desempenham um papel fundamental na aprendizagem de CNMT. Compartilham a crença de que as atividades práticas e as investigações desempenham um papel central no currículo dessa área escolar. Os autores discutem como um grupo de alunos do Ensino Médio realiza atividades práticas abertas com auxílio de um sistema de aquisição e apresentação de dados baseado em computador. O processo de aquisição e exibição de dados torna-se mais rápido, simplificado e controlado pelo computador, aproveitando-se o tempo restante para análise e discussão dos resultados obtidos. Além disso, os autores afirmam que aos alunos destinam tarefas de laboratório mais elaboradas conceitualmente, encorajando-os a se guiarem por estes procedimentos ou modificá-los quando julgarem necessário.

Percebe-se, neste trabalho, que os autores valorizam a mediação tecnológica como ferramenta organizadora da aprendizagem dos alunos, promovendo o desenvolvimento do pensamento científico. A atividade até pode dispensar a utilização dessa mediação tecnológica, pois não faz parte dos objetivos do grupo de pesquisa, constituindo-se apenas numa ferramenta secundária. Ao mesmo tempo, incentivam a atividade investigativa dos alunos, pois os mesmos precisam reconhecer o problema, planejar a investigação, elaborar objetivos, procedimentos, realizar a atividade e analisar os resultados obtidos. Entretanto, a mediação tecnológica, talvez por não estar na esfera comunicativa, não prejudica os alunos no desenvolvimento de suas habilidades experimentais de tomada de dados? Não se pode perder de vista a problematização dialógica que podemos realizar nas atividades práticas, em especial com o suporte mediador das tecnologias comunicativas.

Neto et al (2002), lembram que a mediação da tecnologia educacional no ensino de ciências tem sido apontada como um caminho para o desenvolvimento de competências importantes à formação de cidadãos autônomos e críticos. Mesmo assim, reconhecem que esta mediação, em geral, ilustra princípios científicos em artefatos tecnológicos. Além disso, não tem inovado o suficiente para mudar o ensino tradicional, em especial as exposições e o predomínio de problemas fechados. Os autores alertam para o fato de que o professor, na busca por melhores condições materiais, contenta-se em ser apenas um facilitador, um operador das tecnologias educacionais, às quais é delegada a função de melhorar o “ensino”. Ressaltamos que não simpatizamos com a idéia de professor-facilitador, optando

pela perspectiva dialógico-problematizadora que qualifica o trabalho orientador da prática docente.

Frota (2000) afirma que a escola precisa priorizar o processo de RP no Ensino de Física, que em última instância potencializa a criação de modelos mentais.

Este, por si só, já constitui em um princípio educativo, pois quando uma pessoa resolve um problema uma vez, sozinho ou com ajuda dos professores ou colegas (alargando a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)²), geralmente é capaz de aprender com as experiências e, assim, estar habilitada a resolvê-lo (FROTA, 2000, p. 82, grifos nossos).

Em seus estudos, Breuckmann e Gabardo Negrelle (2000) analisam o desenvolvimento curricular no Ensino Médio com base na RP a partir de pressupostos vygotskyanos. São estudadas situações-problema, primeiramente em cada disciplina e, gradativamente, chegando-se a níveis mais intensos de relações interdisciplinares, de tal forma que, em cada caso, sejam viabilizados três momentos: diagnóstico – equacionamento – ação. Os trabalhos, realizados individualmente ou em grupos, são posteriormente socializados, de tal forma que os conteúdos estudados se tornem parte do domínio conceitual de todos os alunos envolvidos. No decorrer dos projetos são utilizados procedimentos metodológicos diversificados, tais como: saídas de campo, entrevistas, experimentos em laboratório, exploração dos recursos das tecnologias da informação e comunicação.

O diagnóstico na RP é uma etapa essencial, pois o aluno “mergulha” na realidade que o cerca e na situação-problema elaborada pelo professor. Ao final dessa etapa, precisa identificar o problema a ser investigado. Uma das finalidades, segundo os autores, é que a situação-problema passe de uma concepção impositiva, baseada em objetivos pré-determinados, para um processo participativo, baseado em objetivos compartilhados, ensejando o exercício da reflexão crítica em todos os envolvidos.

² A partir de seus estudos, Vygotsky estabeleceu um limite inferior, denominado nível de desenvolvimento real – quando o sujeito resolve a tarefa sozinho – e um limite superior, chamado de nível de desenvolvimento potencial – quando o sujeito resolve problemas com a ajuda do professor ou de colegas mais experientes, compondo o sistema conceitual, que foi designado por ele de Zona de Desenvolvimento Proximal (FROTA, 2000, p. 139).

Na fase do equacionamento, procura-se identificar o conhecimento científico-tecnológico historicamente construído e acumulado, verificando até que ponto e como este pode contribuir para solucionar o problema em pauta. Nessa etapa, a ação docente é de fundamental importância: orienta a interação dialógico-problematizadora (FREIRE, 1978, 1983, 1988, 2002), indicando pistas e alternativas, provocando a abertura de novos horizontes a respeito do problema.

Por último, apresentam a ação, ou seja, a resolução propriamente dita. É o momento de também avaliar todo o trabalho desenvolvido, verificando todas as respostas encontradas e as alternativas que foram surgindo durante o processo. A problematização que fazemos é: até que ponto esta solução construída com os alunos possui melhor performance, permitindo aos mesmos maior controle, em especial no escopo conceitual relacionado tematicamente com os problemas trabalhados, e também maior conscientização no mesmo?

Esses autores destacam que os alunos têm dificuldades em identificar as situações-problema no cotidiano escolar. Isso ocorre, principalmente, quando os problemas são diretamente apresentados pelo professor. Esse fato pode ser explicado quando relacionado com a solução de problemas na área escolar (bem definidos e estruturados, com metodologia de resolução previamente determinada, oferecem maior facilidade de identificação e resolução), porém o fator preponderante parece ser a prática de não problematizar. Isso porque a prática tradicional de Física nas escolas tem limitado o aluno à reprodução de soluções visivelmente desafiadas com o que fazer científico-tecnológico.

Aliás, assim como Escudero et al. (2000, p. 2), concordamos que o “analfabetismo científico está essencialmente caracterizado por aspectos do tipo procedimentais que limitam processos de transferência, associação, comunicação, dedução e análises dos conteúdos conceituais”.

Consideramos as contribuições de Paredes e Reche (2000), especialmente quando clamam por atividades de RP com mais potencial significativo para os alunos, resolvidas de forma individual ou em colaboração com seus pares, incentivando, por sua vez, o desenvolvimento de valores e atitudes. Lembram-nos que esse processo requer a capacidade de transferir experiências passadas a situações novas.

Parafraçando Gil Perez et al (1992), questionamos: o fracasso majoritário na RP pode estar ligado a aspectos didático-metodológicos? Diante do que temos discutido e identificado na prática escolar de Física, afirmamos que em grande parte sim. Como Peduzzi (1997), também acreditamos que a RP não é uma atividade na qual o aluno, por esforço próprio e sem orientação docente, possa ter êxi-

to. Isso porque “**o que se vê em aula**, tanto no segundo grau, quanto no ciclo básico do ensino universitário, é que **as dificuldades do estudante 'na transferência' do que aprendeu às novas situações são muito grandes**” (PEDUZZI, 1997, p. 231, grifos nossos). Isso fortalece nosso argumento de que a RP “deve ser uma **atividade intrínseca ao processo escolar**, podendo inclusive, ser concebida **como meio e/ou fim** do mesmo” (CABRAL DA COSTA; MOREIRA, 2002, p. 61, grifos nossos).

A passividade e a não interação dialógico-problematizadora, bem como a prática escolar de Física isolada e desacoplada da investigação, têm contribuído, para a baixa inovação em RP no processo escolar. Ao priorizar a mediação tecnológico-comunicativa na RP, problematizamos os conhecimentos científico-tecnológicos produzidos na área escolar de CNMT. A RP é uma das linhas de pesquisa de grande concentração e interesse no Ensino de Física. A maioria dos trabalhos versa sobre dificuldades que os alunos enfrentam nessa atividade, esforços por compreender os processos envolvidos na RP, metodologias e materiais didáticos inovadores. Destacamos as contribuições teóricas mais relevantes para o trabalho que ora apresentamos:

Iniciamos com os trabalhos de Cabral da Costa e Moreira (1996, 1997a, 1997b, 1997c, 1998 e 2002), enfocando a questão dos novatos e especialistas, propostas de procedimentos metodológicos, fatores que influenciam a RP e estratégias sugeridas para empreendê-la com sucesso. Além de sistematizar os avanços mais significativos em RP, esses estudos são fontes de novas pesquisas em Ensino de Física.

Frota (2000) desenvolveu um trabalho com cento e quarenta alunos – entre sete e quatorze anos do Ensino Fundamental da escolaridade básica, de duas escolas da cidade de Florianópolis, SC. Em seu estudo, procurou investigar o comportamento manifesto desses alunos diante de uma situação-problema, mediada tecnologicamente pelo computador pessoal, operando com um jogo educativo que envolvia os conceitos de espaço, tempo e velocidade, a partir de estímulos sonoros. Para esse autor, a prática docente tradicional, na maioria das vezes, não ultrapassa a explicação rápida do problema nem a separação de dados solicitados, centrando o objetivo educacional no resultado. Essencial é centrá-lo nas estratégias construídas e utilizadas pelos sujeitos que se envolvem na resolução dos problemas. Afirma, ainda, que:

Geralmente os professores, por descuido ou despreparo, não perdem tempo sequer com o esclarecimento do problema; não situam o contexto, não tecem inferências

ou pistas, indo diretamente em busca do imediato, da resposta certa. Com isso, tem-se a indiferença dos alunos para com a resolução de problemas e conseqüentemente para com o estabelecimento de estratégias mentais (FROTA, 2000, p. 83, grifos nossos).

Também Gil Perez et al (1992), em um trabalho que discute a didática de RP, propõem um modelo alternativo. Estes autores esboçam uma análise crítica ao ensino de Física habitual e ao pensamento espontâneo do professor, envolvendo-os na construção dessa proposta.

Ao analisar o enfoque dado à RP e ao seu ensino, Echeverría e Pozo Múñico (1994) identificam duas tendências estratégicas gerais de resolução e ligadas a conteúdos específicos. Assim, a RP se baseia na aquisição de estratégias gerais, podendo ser aplicadas, com poucas restrições, a qualquer tipo de problemas. Além disso, a maior eficiência dos procedimentos estratégicos empregados pelos docentes mais experientes se assenta em sua maior base de conhecimentos específicos.

Após investigar, junto a dez professores do Departamento de Física da UFSC, as possíveis causas do fracasso dos alunos em RP, Peduzzi (1998) informa que os professores foram unânimes em apontar a “falta de base” para as duas vertentes apontadas: falta de um adequado embasamento teórico na disciplina – desconhecimento do conteúdo, leis, princípios e conceitos – e a insuficiência no domínio da matemática básica – sistemas de equações, gráficos, manipulação de variáveis. Destaca que os professores de Física não apontaram a própria prática de RP como responsável por esta problemática.

Já Zylbersztajn (1998) discute a RP numa perspectiva kuhniana, destacando a importância dos problemas de lápis e papel, enquanto exemplares de uma matriz disciplinar para a formação dos membros da nossa comunidade. No entanto, destaca que essa formação também requer atividades experimentais, abordagem de história e filosofia da ciência, além da perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) nas RP de Física que, pelas próprias características, necessitam sempre destas interfaces científicas e tecnológicas.

Diante dos resultados provenientes da investigação educativa sobre concepções alternativas, diferenças entre expertos e novatos, aquisição de esquemas, sobrecarga cognitiva e análise hierárquica, Leonard et al (2002) apresentam um procedimento metodológico que denominaram de “resolução de problemas baseada na análise”. O objetivo é promover tanto a compreensão conceitual, como a capacidade de RP, por meio do enfoque na análise e no raciocínio. Defendem uma RP mais eficiente e reflexiva.

A contribuição desses autores sustenta nossas investigações em RP de Física e resultados de pesquisa demonstram o quanto essa prática nas CNMT não está sendo satisfatória. Isso porque “a resolução de problemas é uma linha de investigação de maior interesse no ensino de Física, com um importante desenvolvimento teórico-prático que a sustenta” (ESCUDERO et al, 2000, p. 3). Isso justifica teoricamente nosso trabalho no par pesquisa-desenvolvimento em RP, em especial a construção colaborativa do TEIA³, acoplado no AMEM⁴, ou seja, objeto e ambiente virtuais desenhados especialmente para RP de Física, na perspectiva dialógico-problematizadora.

II. Estratégias didático-metodológicas para RP mediada por tecnologias

Nenhum cientista pensa com fórmulas. Antes que o físico comece a calcular, deve ter em seu cérebro o curso dos raciocínios. Estes últimos, na maioria dos casos, podem ser expostos com palavras sensíveis (EINSTEIN, 1954, p. 8, grifos nossos).

Desenvolvemos estratégias didático-metodológicas para RP de Física, na perspectiva dialógico-problematizadora, atuando colaborativamente com os envolvidos nas aulas, por considerá-las indispensáveis no ensino-investigação-aprendizagem⁵ de CNMT. Por isso, os professores – inclusive os que estão em formação escolar-universitária inicial – e os alunos das escolaridades básica e superior, precisam potencializar seus “*quefazeres*” na perspectiva dialógico-problematizadora, em especial colaborando e participando do processo escolar de Física. Desenvolvemos atividades escolares de Física mediada por tecnologias

³ Um software educacional de fontes abertas para resolução de problemas abertos e fechados que denominamos de Trabalho de Ensino-Investigação-Aprendizagem (TEIA), em especial na Física.

⁴ Mediação tecnológica de fontes abertas funcionando na Internet como um ambiente virtual de ensino-aprendizagem, denominada por Ambiente Multimídia para Educação Mediada na perspectiva da investigação-ação (AMEM), que adquire caráter hipermídia com o acoplamento objetos-ambiente, em especial o TEIA, para a RP de Física.

⁵ A expressão ensino-investigação-aprendizagem refere-se ao acoplamento das práticas escolares dialógico-problematizadora e de investigação-ação, em especial no âmbito da RP em Física.

porque acreditamos que “**a tecnologia** em informática serve para explorar novas **possibilidades pedagógicas** e contribuir para uma **melhoria do trabalho docente, valorizando o educando** como sujeito do processo educativo” (AMEM, 2000, p. 4, grifos nossos). Nossa experiência em RP de Física neste campo indica que podemos problematizar o conhecimento escolar de CNMT, permitindo a interação dialógico-problematizadora mediada por tecnologias, com destaque para as comunicativas.

Destaca-se a necessidade de problematizar situações-problema das condições de contorno dos problemas escolhidos tematicamente, além de não privilegiar a RP de um grande número deles que representam variações de um mesmo caso. De acordo com Zylbersztajn (1998), a eficiência na RP de Física pode estar em ensinar as soluções paradigmáticas e na lógica das suas possíveis variações, ao invés de acreditar que isto será apreendido pelos alunos. Ou seja, contribuir para que os alunos integrem aspectos e procedimentos gerais da RP de Física em suas estruturas cognitivas. Em outras palavras, é preciso trabalhar com RP, escolhendo os melhores problemas didáticos de Física.

Iniciamos a prática investigativa-ativa de nossa pesquisa em Ensino de Física – apoiada em uma programação colaborativa, organizada segundo os três momentos pedagógicos (ANGOTTI; DELIZOICOV, 1990) – problematizando com os alunos as atividades de RP de Física, previamente planejadas, seguindo os passos de uma heurística problematizadora.

Em termos de mediação tecnológica, o TEIA foi desenvolvido na forma procedimental de desafio inicial, melhor solução escolar no momento e desafio mais amplo (DE BASTOS; MÜLLER, 1999c), por entendermos que a RP de Física é um tipo de atividade escolar que exige ações estrategicamente concretas, mais no âmbito desafiador de evidências empíricas. Esse procedimento didático, inspirado em Angotti e Delizoicov (1990), foi testado, inicialmente, em atividades educacionais científico-tecnológicas no escopo da problematização de heurísticas e meta-heurísticas, em especial no conhecido problema do caixeiro viajante. Esse procedimento didático-metodológico tem mostrado potencial para desafiar concretamente os alunos na RP de CNMT, em especial quando temos mediação tecnológica informática no processo.

É essencial priorizarmos a apropriação, construção e organização de pensamentos mais abstratos e significativos, valorizando as estratégias bachelardianas e processos metodológicos na RP de Física. Assim,

a aprendizagem de concepções científicas atualizadas do mundo físico e natural e o desenvolvimento de estratégias

de trabalho centradas na solução de problemas é finalidade da área, de forma a aproximar o educando do trabalho de investigação científica e tecnológica, como atividades institucionalizadas de produção de conhecimentos, bens e serviços (BRASIL, 1999b, p. 42, grifos nossos).

Com o TEIA, conseguimos modelar tecnologicamente algumas idéias-chave para implementar atividades de RP de Física dialógico-problematizadoras. Diante do que expusemos teoricamente até aqui e considerando as contribuições de Leonard et al (2002), é fundamental na RP de Física que os alunos: exponham seus modelos de resolução; trabalhem colaborativamente em pequenos grupos; inicialmente, analisem a situação-problema para sua compreensão, utilizando para tanto representações diferentes; expliquem seus procedimentos na RP; resolvam o mesmo problema com abordagens diferenciadas; questionem o professor para explorar os limites dos conhecimentos construídos; comparem e resolvam problemas não numéricos; evitem simplificar a situação-problema, explorando suas possibilidades, evitando confusões e generalizações errôneas; utilizem situações similares em outras temáticas; vivam momentos de reflexão durante o processo de RP e sobre este; dialoguem sobre o processo de aprendizagem.

Inspirados nas estratégias propostas por Polya (1995), Gil Perez et al (1999) e Peduzzi (1998), organizamos as etapas modeladoras do TEIA, nas quais destacamos os cinco níveis fundamentais para a RP, numa perspectiva que priorize o ensino-investigação-aprendizagem de Física: 1) Compreensão: é a fase em que se procura perceber, da melhor forma possível, a situação-problema; para isso, precisamos destacar o que temos e o que queremos; ao mesmo tempo, buscar entender como os dados e a(s) variável(is) estão relacionados e, se possível, esboçar um esquema gráfico ou modelo da situação-problema, procurando ilustrá-la (POLYA, 1995). 2) Planejamento: o aluno procura mobilizar seus conhecimentos com outros problemas para estabelecer a RP deste (POLYA, 1995); pode-se, então, destacar uma lei, princípio ou equação que oriente a busca da solução (PEDUZZI, 1998). 3) Execução: momento em que efetivamente resolvemos o problema, buscando uma solução. Sistemáticamente, procuramos observar e executar cada passo com muita atenção, fazendo todos os cálculos necessários (POLYA, 1995). 4) Retrospeção: etapa que envolve análise retrospectiva da RP efetivada, revendo-a ponto a ponto, examinando o resultado final, dialogando sobre o percurso empreendido e, prioritariamente, sobre o seu significado físico. Essa fase é fundamental para quem deseja desenvolver habilidades para a RP (POLYA, 1995), contribuindo para con-

solidar o conhecimento e aperfeiçoar a capacidade de resolver problemas de Física na perspectiva dialógico-problematizadora (PEDUZZI, 1998). 5) Prospecção: nesta etapa, o aluno precisa resgatar o conhecimento adquirido em outras RP; precisa problematizar e ser desafiado nos escopos do conhecimento do problema resolvido e da temática que vem trabalhando. Além disso, necessita estabelecer ligações conceituais envolvendo questões sociais e tecnológicas.

Após essa descrição das etapas modeladoras da heurística de RP que orientou a construção da mediação tecnológica (TEIA), explicitamos e referenciamos cada passo concreto que desenvolvemos, de acordo com o nível (*em itálico*) a que pertence, o momento pedagógico potencializador do diálogo-problematizador referente (**em negrito**) e etapas de uma didática de RP alternativa (em sublinhado):

(1) **Desafio Inicial**: *Compreensão* do Problema de Física a resolver. (1.1) A Leitura é a etapa que precisa ser realizada com o docente, destacando o que temos e o que queremos. É por meio do enunciado que “tomamos contato com as “condições de partida” do problema e temos conhecimento das metas a serem atingidas” (PEDUZZI, 1998, p. 25). O Interesse é o momento em que definimos uma motivação inicial, uma atitude mais positiva em relação à tarefa de estudo, esboçando relações entre CTS (GIL PEREZ, 1992, p. 13). Para a Transformação do Enunciado, precisamos romper com o operativismo hegemônico de descodificação dos dados e variáveis e identificação da(s) equação(ões) a ser(em) utilizada(s), escrevendo de forma mais universal e aberta a situação-problema inicialmente fechada, gerando assim “uma resolução com as características do trabalho científico” (GIL PEREZ, 1992, p. 12). (1.2) Hipótese(s) precisa(m) ser elaborada(s) na relação entre situação-problema e estrutura cognitiva do aluno (DEWEY, 1910), pois “o sentido da orientação científica se encontra na mudança de um raciocínio baseado em “evidências”, para um raciocínio em termos de hipóteses, mais criativo e mais rigoroso” (GIL PEREZ, 1992, p. 14). São os problemas sem os dados no enunciado, obtidos a partir da transformação do enunciado, que levam os alunos a construir hipóteses, imaginarem parâmetros importantes e de que forma eles interferem na resolução (GIL PEREZ, 1992). É um momento fundamental do ensino-investigação-aprendizagem de Física, para identificar as idéias intuitivas dos alunos. Além disso, “a estratégia sugere uma análise qualitativa do problema, a fim de delinear-lo o mais claramente possível, antes de passar à sua quantificação” (PEDUZZI, 1998, p. 26), reconhecendo que “a estrutura rígida de um enunciado fechado dá pouca ou nenhuma margem para a emissão de hipóteses por parte do solucionador” (p. 26).

(2) **Melhor Solução Escolar no Momento:** (2.1) O(s) Dado(s) é (são) apresentado(s) em problemas convencionalmente fechados, “especificado em termos de um conjunto bem estruturado de informações” (PEDUZZI, 1998, p. 25), mas é essencial listar e definir o sistema de unidades. “Algumas vezes pode ser interessante efetuar, de imediato, as transformações necessárias para se ter uma idéia mais clara das intensidades relativas das grandezas envolvidas, ou mesmo para evitar possíveis esquecimentos” (p. 26). (2.2) Variável(is) representa(m) o que precisamos determinar na RP, é(são) a(s) incógnita(s), “o que se deseja atingir com as informações disponíveis” (PEDUZZI, 1998, p. 25). (2.3) Figura(s)⁶ é(são) uma “tentativa de visualização e de delineamento do problema. Esboce um desenho ou diagrama da situação física considerada com o objetivo de evitar abstrações desnecessárias que podem ser prejudiciais ao desenvolvimento do problema” (PEDUZZI, 1998, p. 25). *Planejamento* – (2.4) Equações “que se ajustem às condições do problema e que relacionem as grandezas nele envolvidas” (PEDUZZI, 1998, p. 27). O aluno precisa organizar, com orientação do docente, um plano detalhado explicitando todos os procedimentos para resolver o problema (POLYA, 1995). É essencial dialogar sobre as diferentes soluções propostas e seus potenciais com os alunos. *Execução* - (2.5) Resolução(ões) para a(s) qual(is) “uma boa compreensão das equações de definição, leis e princípios é essencial para uma aplicação correta dos mesmos” (PEDUZZI, 1998, p. 27). Além disso, “desenvolver o problema literalmente, fazendo as substituições numéricas apenas ao seu final ou ao final de cada etapa” (p. 25). O plano, segundo POLYA (1995), precisa ser experimentado, conferindo os passos. *Retrospecção* - (2.6) Conferência para certificar-se de que os passos executados sejam válidos e que a solução apresentada tenha sentido (REIF et al, 1976). O aluno precisa examinar a solução encontrada, fazendo um retrospecto da RP (POLYA, 1995). (2.7) Registro é realizado por escrito, destacando os “pontos-chave” do processo da RP realizada (PEDUZZI, 1998). Ressaltamos que é essencial explicitar a compreensão da(s) teoria(s) física(s) que foi(ram) fundamental(is). (2.8) Interpretação é o momento em que se reexamina o resultado final (POLYA, 1995), “analisando criticamente o resultado encontrado” (PEDUZZI, 1998, p. 25) e analisando “cuidadosamente os resultados à luz das hipóteses elabo-

⁶ Trata-se de algo fundamental para visualizar a situação-problema e que, infelizmente, não conseguimos implementar no interior do TEIA, pois isso implicaria adicionar mais recursos tecnológicos e “carregar” em excesso o computador pessoal. A solução proposta foi utilizar o caderno dos alunos ou o editor eletrônico de desenho disponibilizado na biblioteca digital do AMEM.

radas” (GIL PEREZ, 1992, p. 16). Resumindo, trata-se de problematizar o significado físico do resultado.

(3) **Desafio Mais Amplo:** *Prospecção* - Propor uma nova questão ou um novo problema. Por acreditarmos ser fundamental “considerar o problema como 'ponto de partida' para o estudo de novas situações-problema” (PEDUZZI, 1998, p. 25), problematizamos dialogicamente o(s) conhecimento(s) físico(s) trabalhado(s) na RP, propondo novo questionamento, não necessariamente solúvel com o modelo utilizado. Pode ser um bom momento para “alçar” ligações com tópicos da Ciência Moderna e Contemporânea e interfaces entre os conhecimentos científicos e tecnológicos na sociedade atual.

A partir da reelaboração teórica de RP de Física realizada, apresentamos uma tabela contendo a heurística da mediação tecnológica TEIA com seus níveis (*em itálico*), etapas da didática alternativa de RP (em sublinhado) e os momentos pedagógicos (**em negrito**), que organizamos para mediar o ensino-investigação-aprendizagem de CNMT, em especial a Física.

A prática de RP em Física orientada pela heurística do TEIA fez dele não apenas mediação tecnológica, mas também guia didático-metodológico, principalmente para os alunos dialogarem sobre as situações-problema escolhidas pelo professor. Na prática investigativa-ativa desenvolvida, os momentos pedagógicos dessa heurística de RP em Física tomaram os seguintes sentidos: no desafio inicial, elaboramos com os alunos uma descrição prévia do interesse na situação-problema, construindo assim uma motivação para a realização da atividade de estudo; como professores de Física, aproveitamos para ampliar e apresentar os objetivos dessa tarefa aos alunos, evitando que os mesmos permanecessem sem saber porque precisam cumprir determinadas etapas. Ao transformar o enunciado fechado do problema em aberto, desenvolvemos o potencial de universalizar as situações-problema; ao invés de nos preocuparmos, desde o início, apenas com o enunciado correto, afirmamos a necessidade de transformar o problema fechado em aberto, priorizando a habilidade em formular problemas (Gil PEREZ et al, 1992), já que isso não se aprende apenas os resolvendo. Essa reformulação do enunciado do problema contribui com o desenvolvimento do espírito científico, ou seja, formular e resolver problemas; temos que estar preparados didaticamente para trabalhar com problemas que incluem dados e conceitos científicos e tecnológicos no enunciado, inclusive reconhecer também que os mesmos “**respondem a concepções indutivistas**” (GIL PEREZ et al, 1992, p. 12, grifos nossos) e dificultam a reflexão qualitativa e a elaboração das subseqüentes hipóteses; além disso, valorizamos a leitura e a interpretação guiados por nós, do enunciado do problema, pois

Tabela - Heurística do TEIA para resolução de problema de Física.

<i>Compreensão</i>	Orientadores da prática de RP em Física
Desafio inicial: Problema	
<u>Relacione seu(s) interesse(s) e transforme o enunciado.</u>	Qual(is) o(s) interesse(s) na situação-problema? Transforme o enunciado deste problema fechado em aberto, utilizando linguagem cotidiana.
<u>Aponte sua(s) hipótese(s).</u>	Faça uma análise qualitativa apontando as grandezas físicas necessárias, leis, princípios físicos envolvidos e atividades experimentais possíveis de implementar.
Melhor solução escolar no momento:	
<u>O que temos?</u>	Quais grandezas físicas estão envolvidas? Em quais condições? Utilize notação científica e as coloque no Sistema Internacional de Unidades.
<u>O que queremos?</u>	Quais grandezas físicas queremos encontrar? Utilize notação científica e fique atento ao sistema internacional de unidades das mesmas.
<u>Esboce um esquema da situação.</u>	Esboce um esquema gráfico ou desenho da situação-problema.
<i>Planejamento</i>	
<u>Organize a solução do problema.</u>	Escreva a(s) equação(ões) relacionada(s) com a situação-problema, identificando as respectivas grandezas físicas que podem ser medidas ou calculadas.
<i>Execução</i>	
<u>Desenvolva a resolução.</u>	Desenvolva a resolução do problema literalmente – operacionando as leis físicas e seus conceitos-chave e, se necessário, realize um experimento.
<i>Retrospecção</i>	
<u>Descreva o(s) ponto(s) fundamental(is) na resolução.</u>	Faça um retrospecto da RP implementada. É possível chegar ao resultado obtido por outro caminho? Quais os pontos-chave desta RP?
<u>O que significa o resultado?</u>	Qual o significado físico do resultado encontrado? A solução tem sentido físico? O resultado encontrado é fundamental para compreender a situação-problema? Tendo em vista a produção da existência humana, o que pode ser otimizado?
<i>Prospecção</i>	
Desafio mais amplo: Questão ou problema	Utilizando o que você aprendeu até agora nas aulas de Física, é possível resolver esta questão? Relacione o conhecimento físico trabalhado anteriormente com este questionamento. Por que você acha que esta questão é insolúvel, usando apenas estes conhecimentos físicos?

a compreensão da situação-problema é parte essencial de sua resolução. Ao elaborarmos hipóteses, levamos os alunos a transitarem pelos conhecimentos escolares trabalhados em Física para sugerir possibilidades, fazendo surgir idéias intuitivas e permitindo-nos contrastá-las posteriormente, pois não basta identificá-las. Concordamos que **“sem hipóteses uma investigação não pode ser senão ensaio e erro**, deixando de ser uma investigação científica” (GIL PEREZ et al, 1992, p. 14, grifos nossos). A partir das hipóteses, analisamos o possível resultado, aproximamo-nos de características do trabalho científico, porque “é preciso reconhecer que **o papel das hipóteses é levado em consideração apenas nas práticas de laboratório**. No que se refere aos **problemas de lápis e papel a questão sequer é colocada**” (GIL PEREZ et al, 1992, p. 14, grifos nossos). Portanto, compreendemos que a transformação do enunciado tem uma dupla função na RP: ensinar a formular problemas e permitir a elaboração de hipóteses; o que permite imaginar quais possam ser os parâmetros essenciais e de que forma influenciam na resolução. Assim, evidenciamos que a RP em Física nesta perspectiva didático-metodológica estimula e potencializa a prática escolar dialógico-problematizadora com os alunos.

A seguir, na melhor solução escolar até o momento, retiramos os dados do problema e os alunos demonstraram não ter compreendido o desafio inicial, porém reconheceram as condições para a resolução. Ao identificar as grandezas físicas, demonstraram saber o que precisávamos encontrar. Sabendo o que tínhamos e do que precisávamos buscar, aliada a uma leitura compreensiva e crítica do problema, desenvolvemos as habilidades para resolvê-lo. Comprovamos na aula o que a literatura da área indica: esta etapa é o primeiro obstáculo da RP pois, ao destacar as equações físicas necessárias, novamente os alunos precisam recorrer aos conhecimentos escolares desenvolvidos em Física, analisando as possibilidades, comparando os dados e respondendo ao que é exigido no problema. É uma forma de reemitir hipóteses para resolver o problema de forma intuitiva; buscando a resposta intuitivamente, testando hipóteses ao acaso. Mesmo assim, transitamos pela ação-reflexão-ação, sempre nos referindo à transformação inicialmente elaborada. Foi essencial solicitar aos alunos o registro e a conferência dos passos da RP em Física, atentando para os

*aspectos mais destacados da resolução do problema, tanto do ponto de vista metodológico como de qualquer outro. Tal memória se converte assim em um produto de interesse para a comunidade, **superando a idéia de exercício escolar** (destinado exclusivamente ao profes-*

sor), o que implica em um indubitável papel motivador
(GIL PEREZ et al, 1992, p. 12, grifos nossos).

Apesar de pouco valorizados pelos alunos, esses momentos foram essenciais para a implantação do ensino-investigação-aprendizagem no âmbito da RP em Física; quando estimulamos a compreensão e a apreensão dos conceitos-chave trabalhados, discutimos sistemas, condições de contorno, estratégias matemáticas e pudemos projetar futuras atividades escolares em Física para as nossas aulas. Finalmente, os alunos interpretaram conosco fisicamente o resultado, ou seja, compararam com suas previsões iniciais.

Por fim, no desafio mais amplo, mobilizamos conhecimentos anteriormente estudados, agora para outras situações-problema aparentemente desconectadas daquela proposta inicialmente, incentivando generalização e propiciando aos alunos relacionarem temas, minimizando fragmentações e potencializando totalidades. Com boa cinética mobilizadora do aprendido, situações-problema que ainda não haviam sido problematizadas extrapolaram o que era parcialmente memorização, freqüentando a esfera das práticas escolares de Física. É preciso destacar que esse processo desafiador ganha fôlego dialógico-problematizador por dois motivos: foi assumido como avaliação discente pelos alunos e fecha uma seqüência didática elaborada. Apoiados em nossa prática docente nas aulas de Física no Ensino Médio, na escolaridade básica e Didática da Física no Ensino Superior, afirmamos que este momento pedagógico da RP potencializa satisfatoriamente a generalização e limitação histórica do conhecimento científico-tecnológico, mas não consegue envolver a totalidade dos alunos, deixando alguns ainda na passividade. A generalização é bem aceita, principalmente, pela diversidade e ampliação dos conhecimentos, um aumento do arcabouço conceitual dos alunos. Também porque a compreensão inicial é limitada, localizada. O vínculo entre o conhecimento científico, os objetos tecnológicos e as questões sociais foram desenvolvidas também neste momento, propondo novos questionamentos e explicitando os limites dos modelos físicos utilizados.

Procuramos retomar alguns problemas e algumas questões com toda a turma. Nesse sentido, entendemos que o diálogo-problematizador permite contribuir com possibilidades para o desenvolvimento da argumentação racional dos alunos, juntamente com organização das idéias, aprender a organizar uma maior compreensão do que pensam, maior clareza sobre os passos envolvidos na RP em Física e do conhecimento trabalhado e valorizar a vivência do ensino-investigação-aprendizagem de RP, ao invés de um número grande deles. Assim, procuramos inovar num aspecto pouco abordado na literatura: romper com as enormes listas de

problemas para os alunos, problematizando problemas-chave das temáticas abordadas ao longo do período letivo.

Boa parte dos trabalhos de pesquisa em Ensino de Física afirma que os alunos somente irão resolver bem um problema após dominar a teoria. No entanto, essa perspectiva de RP em Física está diretamente relacionada ao conhecimento que o aluno possui e, também, à forma como o conhecimento se encontra na estrutura cognitiva desse aluno. Para Peduzzi (1998), o erro de muitos professores é pensar que o aluno só deve começar a resolver problemas após “dominar” completamente a teoria. Esses alunos vêm a RP como meros “exercícios” de aplicação dos conhecimentos físicos estudados. Como Kuhn (1987), ressaltamos que também se aprende a teoria resolvendo problemas.

III. A RP no AMEM-TEIA

A Fig. 1 mostra as mediações tecnológicas utilizadas neste trabalho: TEIA e AMEM funcionando na Internet. Se por um lado essas ferramentas mediaram a investigação-ação nas aulas de Física, por outro, produziram resultados de pesquisa em Ensino, em especial na área de RP.

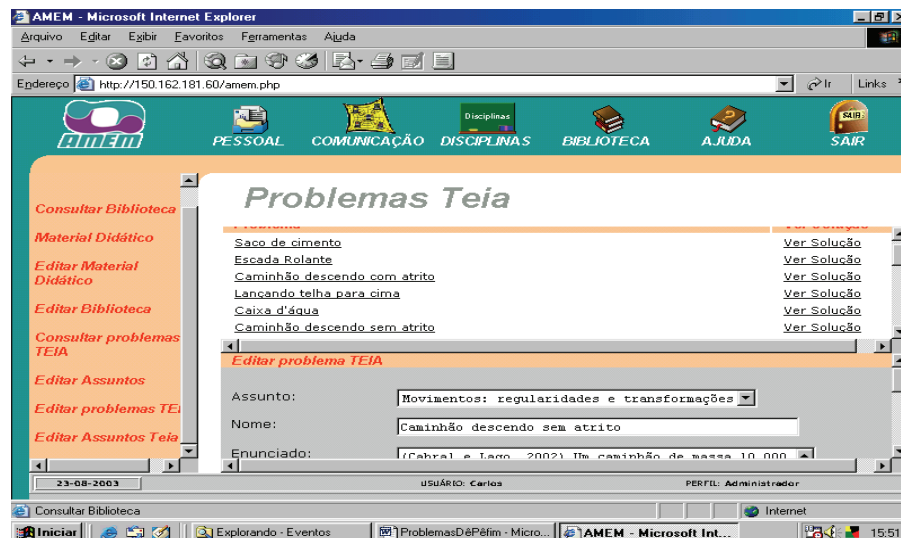


Fig. 1 - TEIA no AMEM.

Com essa mediação tecnológica, ao acessar a biblioteca do AMEM contendo o TEIA, podemos elaborar e resolver problemas fechados e abertos. Dito de outra forma, cabe ao professor de Física essa tarefa. Só após a “edição” eletrônica o professor poderá propor aos alunos a tarefa de RP nessa mesma perspectiva, mediando a prática escolar de Física pelo TEIA no AMEM.

O TEIA permite construir um banco de RP, organizado tematicamente nas bibliotecas digital e virtual do AMEM. A RP é desenvolvida pelo professor acessando o comando “ver solução”, podendo ser posteriormente agendada como tarefa de estudo, presencial ou a distância (na forma de tarefa de casa, por exemplo) para os alunos. Ressaltamos que a programação original do referido software educacional não permite que o professor disponibilize um problema sem sua proposta de resolução para os alunos. A Fig.2 mostra os diversos espaços interativos necessários para produzir a RP.

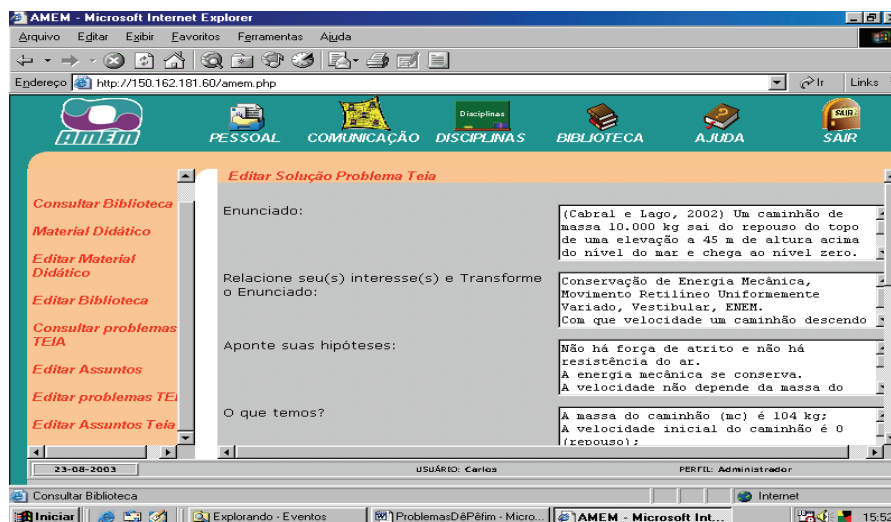


Fig. 2 - Áreas do TEIA onde o professor efetiva a RP.

O professor resolve o problema seguindo os passos da heurística do TEIA. Como se trata de software de fontes abertas, isso pode ser alterado acessando seus códigos-fonte. Além de ser uma orientação, torna-se uma bússola para a compreensão da RP dos alunos, permitindo identificar e corrigir os passos. Isso porque a resolução prévia do professor também possui o sentido de prever

possíveis dificuldades que os alunos poderão encontrar ao resolver o problema. Esclarecemos que as etapas da RP surgem uma a uma no TEIA, concomitantemente com a resolução dos alunos. Se isso, por um lado, orienta processualmente os alunos, por outro, vai informando a melhor solução do momento, que é assumidamente a do professor.

A Fig. 3 mostra as etapas finais do TEIA, com destaque para as de natureza retrospectiva e prospectiva, majoritariamente não contempladas na RP tradicional de Física.

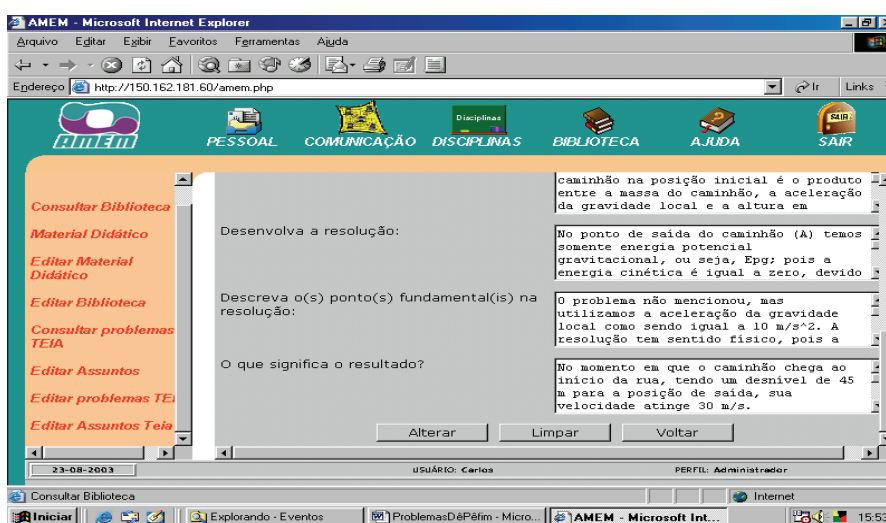


Fig. 3 - Etapas finais do TEIA.

A heurística do TEIA não cessa na etapa “o que significa o resultado?”, mostrado na figura anterior. Lembramos que o momento pedagógico final é o desafio mais amplo, onde o aluno precisa esboçar a possibilidade de solução para uma nova questão ou um novo problema. A Fig. 4 mostra o início da RP pelo aluno. Observe que, inicialmente, apenas o problema na sua formulação original (conforme proposto pelo professor) aparece para o aluno, que deve proceder a transformação do enunciado e explicitar os interesses.

O aluno apenas acessa o problema selecionado previamente pelo professor, que já o resolveu no TEIA. Assim, o enunciado original do problema fica visível para o aluno e aparecem, simultaneamente, duas áreas de trabalho: à esquerda uma vazia no aguardo de sua resposta e à direita, outra onde surgirá após sua ela-

boração (Fig. 5), a proposta pelo professor (que só irá aparecer quando o aluno enviar sua resposta para o computador servidor onde está funcionando o TEIA e o AMEM).

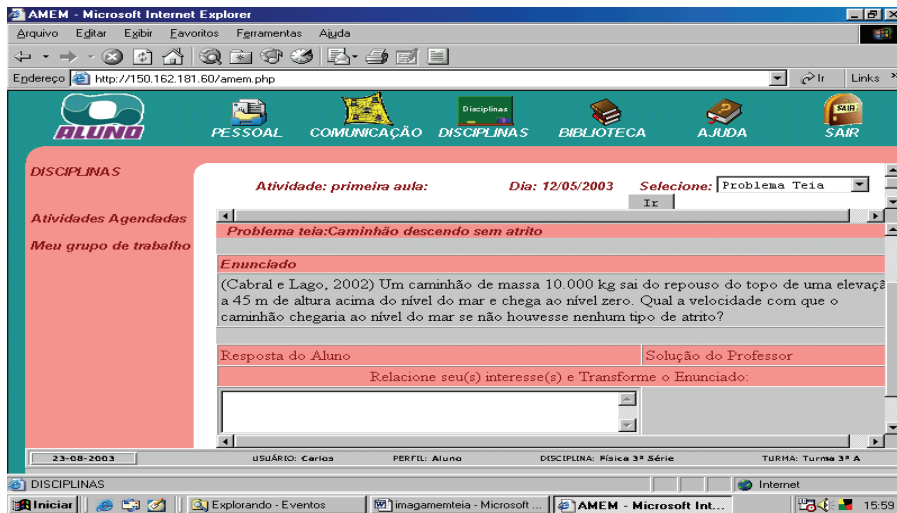


Fig. 4 - Etapa inicial do TEIA para o aluno iniciar a RP.

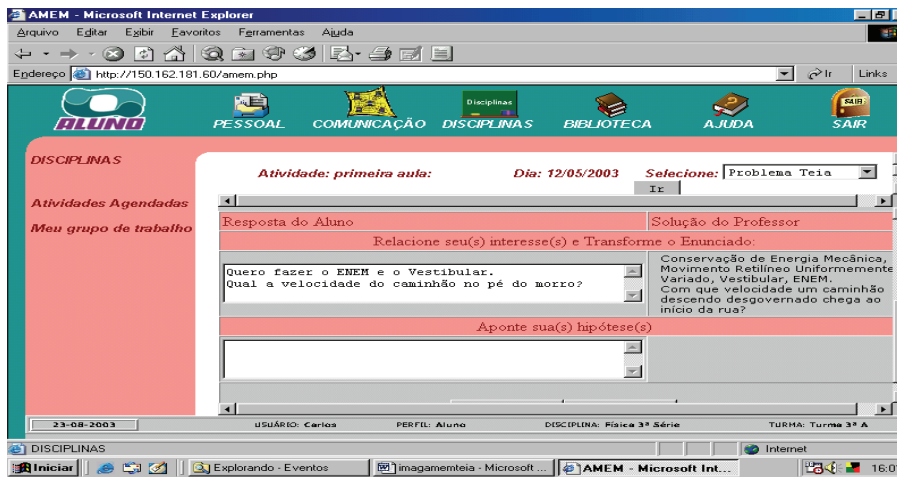


Fig. 5 - Áreas de trabalho dos alunos e do professor no TEIA.

Se a resposta do professor aparece para o aluno, significa que o mesmo enviou esta etapa da RP como uma primeira resposta. Logo, poderá continuar a resolver a segunda etapa da heurística do TEIA. Na prática, a leitura e a comparação da resposta do professor geraram e sustentaram o diálogo-problematizador entre os alunos e o professor. Dito de outra forma, eles só poderão avançar na RP mediada por essa tecnologia se forem, concomitantemente, enviando suas respostas parciais (Fig. 6).

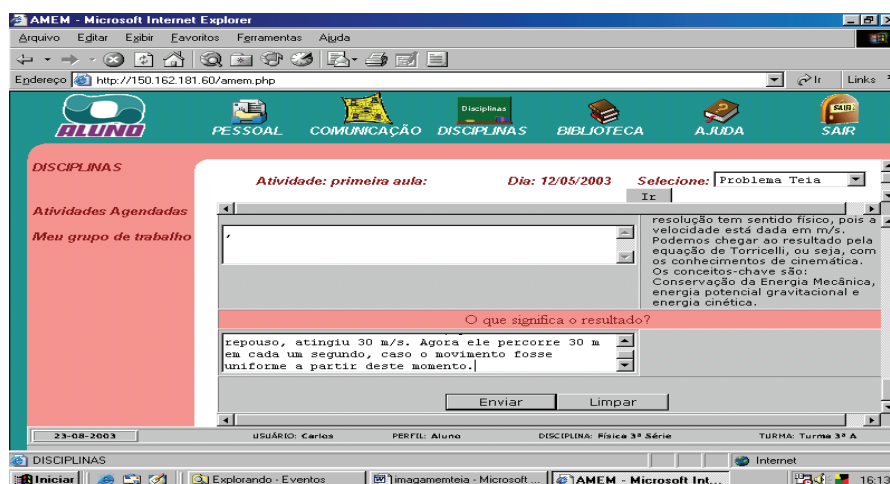


Fig. 6 - Área de trabalho das últimas etapas do TEIA.

Após a etapa prospectiva “o que significa o resultado?”, o desafio mais amplo ficará visível (Fig. 7). Repetimos que esta etapa não é necessariamente obrigatória, pois nem sempre é solúvel, cabendo ao professor retomá-la com os alunos, especialmente se realizaram a RP à distância.

Na etapa do desafio mais amplo, o aluno é colocado diante de um novo problema ou questão. Ressaltamos que a problematização desta etapa difere da inicial, onde aqui o “termo problema indica de **maneira bastante vaga uma região de questionamento**. No interior dessa região, um **grande número de questões pode ser imaginado e formulado**” (NOUVEL, 2001, p. 72, grifos nossos). Por isso, a questão formulada pode variar de um professor para outro ou de uma situação para outra, pois também está relacionada aos interesses, às preocupações e aos objetivos educacionais dos envolvidos.

Por isso, na mediação tecnológica desenvolvida para prática de RP em Física, delimitamos coerentemente com nossas concepções de educação e investigação, essa possibilidade para inserir questões. Isso precisa estar relacionado ao problema proposto como desafio inicial, operacionalizando conceitos fundamentais e, ao mesmo tempo, enfocando aspectos voltados para situações sócio-tecnológicas e tópicos de ciência moderna e contemporânea. Apesar de sugerirmos no TEIA o encaminhamento de *uma* questão ou *um* problema, o professor pode elaborar outros que visam a ampliar o campo conceitual da temática abordada.

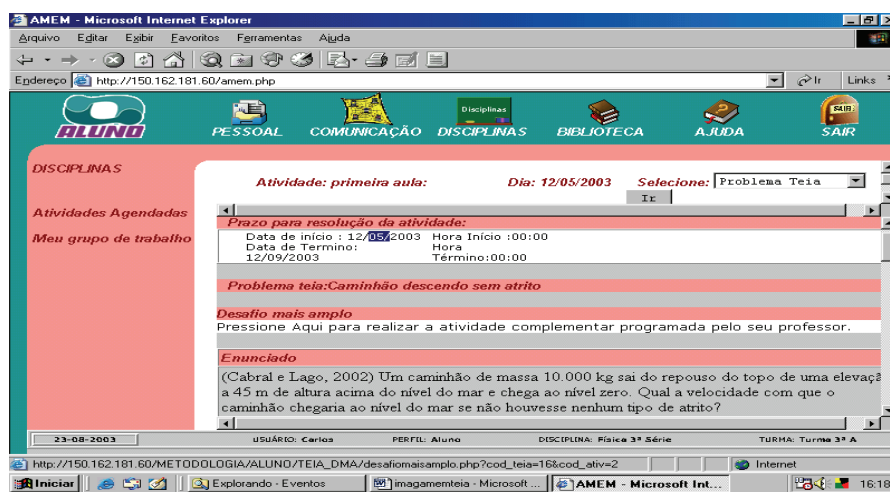


Fig. 7 - Área de trabalho mostrando a etapa do desafio mais amplo.

IV. Algumas considerações

O percurso vivenciado tanto pelo aluno como pelo professor, fundado em hipóteses pertinentes, pode ser diferente do assumido como melhor. Isso tem ocorrido, principalmente, quando os grupos começam a interagir dialogicamente, discutindo sobre resoluções, estratégias e respostas. É assim que percebem que não há somente a resposta do professor como correta. Isso nos distancia da idéia de que nossa estratégia de ensino-investigação-aprendizagem de Física pressupõe apenas um modelo de RP.

No início das atividades de RP, mediada por tecnologias com as turmas, percebemos que os alunos, em sua maioria, não queriam olhar a resposta do professor ao longo do processo. Segundo eles, isso atrapalhava a forma deles realiza-

rem a RP. Entretanto, após duas ou três resoluções, a situação foi completamente diferente. Comparavam respostas e dialogavam entre si e com o professor, analisando regularidades e diferenças na RP desenvolvida. Ao nosso ver, o momento de investigação-ação tornou-se fundamental para os alunos envolvidos, com potencial significativo de ensino-investigação-aprendizagem, nos escopos dos conceitos e modelos científicos-tecnológicos.

Consideramos que essa prática de RP mediada por tecnologias, diferencia-se essencialmente na interação dialógico-problematizadora daquela em que o professor resolve o problema para os alunos. Além disso, no nosso trabalho investigativo-ativo, os discentes aprenderam um procedimento para problematizar outras situações-problema. Contudo, sempre acabam solicitando para nós problemas semelhantes, ou seja, variações de um mesmo caso. Como esperávamos, melhoraram também o potencial nesta realização mecanicista.

Quando o percurso proposto pelo aluno foi diferente do apresentado pelo professor, ocorreu que, a cada passo da RP, fomos chamados para dialogar com os alunos. É claro que, em alguns casos, fomos solicitados apenas para certificá-los de que seus passos estavam corretos, situação esta muito comum para quem pensa que está resolvendo de forma errada e deseja iniciar novamente, situação-limite que enfrentamos. Aliás, precisamos destacar a necessidade constante da interação dialógico-problematizadora conduzida pelo professor no processo, sempre atento às dúvidas dos alunos e fornecendo-lhes pertinentes orientações.

Os melhores alunos – bons solucionadores de problemas de Física – continuaram bons, independente do trabalho mediado pelo TEIA. Na prática, evidenciamos que melhoraram suas performances, dialogando e refletindo sobre RP em Física e, com isso, aprimorando suas habilidades. Por serem eficientes em RP, esses alunos colaboraram com os colegas que possuíam maior dificuldade em solucionar os problemas, evidenciando-se, assim, uma aproximação com a tão desejada interação dialógico-problematizadora, uma vez que é ela componente essencial da cognoscência. Cabe ao professor perceber essa interação entre os alunos na RP em Física, proporcionando o surgimento de possibilidades distintas de ensino-investigação-aprendizagem, transformando a prática escolar com pluralidade de ações.

Como estamos propondo que a prática de RP seja acoplada à prática de investigação, consideramos que o TEIA possa contribuir significativamente para o trabalho do professor empenhado em potencializar os ensino-investigação-aprendizagem acoplados. Para isso, é essencial conciliar a RP em Física no caderno e no quadro de giz com os recursos tecnológicos. Não podemos deixar de pro-

blematizar as RP, secundarizando didaticamente as dificuldades apresentadas pelos alunos. Esse momento é fundamental para que eles compreendam o que obstaculiza a RP, mesmo na perspectiva adotada.

Sugerimos, para tanto, a problematização da RP em Física, mesmo nos momentos de nossa atuação docente no quadro com o grande grupo, pois poderá contribuir com a aprendizagem não só das etapas da RP, mas dos conceitos e das leis envolvidas, superando obstáculos epistemológicos. Assim, também os alunos poderão participar do ensino, apresentando as suas resoluções, passo a passo, ao grupo e problematizando os conhecimentos científico-tecnológicos envolvidos. Acreditamos, como Bachelard (1996), que é fundamental permitir que o aluno ensine⁷, explique, descreva, discuta, defina, compare, etc., percebendo neste fazer suas dificuldades, seu raciocínio e sua forma de pensar, o que também contribui para que os alunos criem conexões entre as idéias (LEONARD et al, 2002).

Referências

Müller, F. M. et al. **AMEM – Ambiente Multimídia de Educação Monitorada na perspectiva da investigação-ação**. FAPERGS-UFSM, Porto Alegre, 2000.

ANGOTTI, J. A. P.; DELIZOICOV, D. **Metodologia do Ensino de Ciências**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1990.

BACHELARD, G. **Formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Tradução Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 314p. Título Original: La formation de l'esprit scientifique: contribution a une psychanalyse de la connaissance.

BORGES, A. T.; BORGES, O. N.; DUARTE SILVA, M. V.; GOMES, A. D. T. A resolução de problemas práticos no laboratório escolar. In: MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M.; COSTA, S. C. (Orgs.). ENCONTRO DE NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, III, 2001, São Paulo. **Atas...** São Paulo: SBF, 2001. (CD-ROM)

⁷ Há muitas razões para que o professor varie suas atividades, privilegiando diferentes formas do aluno aprender. Dentre elas, destacamos que “os estudantes retêm 10% do que lêem; 26% do que ouvem; 30% do que vêem; 50% do que vêem e ouvem; 70% do que tentam explicar; e, 90% do que fazem e tentam explicar” (RAGGI, J. P. Educação: O quê? Como? Pesquisa realizada em 1999. Disponível em: <www.techoje.com.br> Acesso em: 12 fev. 2001.

BRASIL. Sociedade da Informação no Brasil. Educação na Sociedade da Informação. **Livro Verde**, cap. 4, 2000. Disponível em: <http://www.socinfo.org.br/livro_verde/capitulo_4.htm>. Acesso em: 4 nov. 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio: bases legais**. Brasília, 1999b, 188p. Disponível em: <www.mec.gov.br>.

BREUCKMANN, H. J.; GABARDO NEGRELLE, L. Desenvolvimento curricular no ensino médio com base na resolução de problemas a partir de pressupostos vygotskyanos. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, III, ANPED, 2000, Porto Alegre. **Atas...** Porto Alegre: UFRGS, 2000. (comunicação. Eixo: Ensino e Currículo. CD-ROM).

CABRAL DA COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. O papel da modelagem mental dos enunciados na resolução de problemas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 61-74, mar. 2002.

_____ Modelagem em Resolução de Problemas: estudo preliminar. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VI, 1998, Florianópolis. **Atas...** (CD-ROM).

_____ Resolução de Problemas II: propostas de metodologias didáticas. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n.1, p. 5-26, 1997a.

_____ Resolução de Problemas III: fatores que influenciam na resolução de problemas em sala de aula. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 65-104, 1997b.

_____ Resolução de Problemas IV: estratégias para resolução de problemas. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 153-184, 1997c.

_____ Resolução de Problemas I: diferenças entre novatos e especialistas. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 176-192, 1996.

DE BASTOS, F. P. **Alfabetização técnica na disciplina de Física: uma experiência educacional dialógica**. 1990. Dissertação (Mestrado) – Centro de Educação, UFSC, Florianópolis.

DE BASTOS, F. P.; MÜLLER, F. M. Criando Desafios em Informática. In: ESCOLA DE VERÃO SOBRE INVESTIGAÇÃO-AÇÃO EDUCACIONAL, IV, 1999c, Santa Maria, RS. **Atas...**

DEWEY, J. **How we think**. Boston: Heath, 1910. Citado por PEDUZZI (1998).

ECHEVERRÍA, M. P. P.; POZO MUNÍCIO, J. I. Aprender a resolver problemas y resolver problemas para aprender. In: POZO MUNÍCIO, J. I. (Coord.) **La solución de problemas**. Madrid, Santillana, 1994.

EINSTEIN, A. **Ideas and Opinions**. New York: Crown, 1954.

ESCUADERO, C.; GARCIA, M.; GONZÁLEZ, S.; MASSA, M. Modelos para una didáctica de la resolución de problemas. In: MOREIRA, M. A. (Coord.). CONFERÊNCIA INTERNACIONAL ON PHYSICS EDUCATION, VII, 2000, Canela. (CD-ROM).

FREIRE, P. **Educação como Prática da Liberdade**. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1978.

FREIRE, P. **Extensão ou Comunicação**. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1983.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2002.

FROTA, P. R. O. **Velocidade, espaço e tempo: uma investigação da atividade cognitiva a partir de estímulos sensoriais mediados pelo computador**. 2000. 176 p. Tese (Doutorado) – Centro de Educação, UFSC, Florianópolis.

GIL PEREZ, D. et al. Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 311-20, 1999.

GIL PÉREZ, D.; MARTINEZ TORREGOSA, J.; RAMIREZ, L.; DUMAS CARRÉ, A.; GOFARD, M.; PESSOA, A. M. Questionando a didáctica de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 1, p. 7-19, 1992.

LAUDAN, L. **Progress and its problems towards a theory of scientific growth**. 1977.

LEONARD, W. J.; GERACE, W. J.; DUFRESNE, R. J. Resolución de problemas basada en el análisis: hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la Física. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 387-400, 2002.

LESTER, F. K. Trends and issue in mathematical problem solving research. In: LESH, R.; LANDAU, M. (Eds). **Acquisition of mathematical concepts and processes**. New York: Academic, 1983.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 94-9, mar. 2000.

NETO, J. C. N. L.; SILVA, D. Atividades em sala de aula para o ensino de tecnologia. In: MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M.; COSTA, S. C. (Orgs.). ENCONTRO DE NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, III, 2002, São Paulo. **Atas...** São Paulo: SBF, 2002. (CD-ROM).

NOUVEL, P. **A arte de amar a ciência**. São Leopoldo: Ed. Unisinus, Coleção Focus, 2001.

PAREDES, M. C. B.; RECHE, C. C. Um olhar sobre o sujeito pelas dimensões afetiva, cognitiva e social: a interação social sujeito-meio e estratégias cognitivas para a resolução de problemas. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, ANPED, III, 2000, Porto Alegre. **Atas...** Porto Alegre: UFRGS, 2000. (CD-ROM).

PEDUZZI, L. O. Q. **As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história e filosofia da ciência em um curso de mecânica**. 1998. Tese (Doutorado) – Centro de Educação, UFSC, Florianópolis.

POLYA, G. **A arte de resolver problemas**. Rio de Janeiro: Interciências, 1995.

POZO, J. I.; POSTIGO, Y. Las estrategias de aprendizagem como contenido del currículo. In: MONEREO, C. (Ed.). **Estrategias de aprendizaje, procesos, contenidos e interacion**. Barcelona: Domenech, 1993.

REIF, F.; LARKIN, J. H.; BRACKETT, G. C. Teaching general learning and problem-solving skills. **American Journal of Physics**, v. 44, n.3, p. 212-17, 1976. Citado por PEDUZZI, 1998.

SOUZA, C. A. et al. In: ESCOLA DE INVESTIGAÇÃO-AÇÃO ESCOLAR, VIII, 2003, Camboriú, SC. **Atas...**

SOUZA, C. A.; DE BASTOS, F. P.; ANGOTTI, J. A. P. Resolução de problemas de Física nos meios tecnológico-comunicativos. In: ENCONTRO SOBRE INVESTIGAÇÃO NA ESCOLA, III, 2002, Lajeado. **Anais...** Lajeado: Univates Ed., 2002.

SOUZA, C. A.; DE BASTOS, F. P.; ANGOTTI, J. A. P. Redes e formação inicial dos professores em ciências naturais e tecnologia. In: MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M.; COSTA, S. C. (Orgs.). ENCONTRO DE NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, III, 2001, São Paulo. **Atas...** São Paulo: SBF, 2001. (CD-ROM).

SOUZA, C. A.; DE BASTOS, F. P.; ANGOTTI, J. A. P.; JOSÉ, V.; MION, R.A. Mudando o trabalho educativo de formar professores de Física. **Revista Perspectiva**, Florianópolis, v. 18, n. 33, p. 93-114, jan./jun. 2000.

SOUZA, C. A. **Investigação-ação escolar e resolução de problemas de Física: o potencial dos meios tecnológico-comunicativos**. 2004. 316p. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-graduação em Educação, UFSC, Florianópolis.

ZYLBERSZTAJN, A. Resolução de Problemas: uma perspectiva Kuhniana. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VI, 1998, Florianópolis. **Atas...** (CD-ROM).