

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ENSINO DE TECNOLOGIA: UMA INVESTIGAÇÃO EM SALA DE
AULA.

Autor: Jurandyr C. N. Lacerda Neto
Orientador: Prof. Dr. Dirceu da Silva

Este exemplar corresponde à redação final
da dissertação defendida por Jurandyr C. N.
Lacerda Neto e aprovada pela comissão
julgadora.

Data 10/01/2002

Assinatura: _____

(Orientador)

COMISSÃO JULGADORA

2001

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIDADE Be
Nº CHAMADA T/UNICAMP
L116e
V _____ EX _____
TOMBO BC/ 49812
PROC 16.837/02
C _____ DX _____
PREÇO RS 14,00
DATA 04/07/02
Nº CPD _____

CM00169567-1

IB ID 246443

**Catálogo na Publicação elaborada pela biblioteca
da Faculdade de Educação/UNICAMP**
Bibliotecária: Rosemary Passos - CRB-8ª/5751

| | |
|-------|---|
| L116e | Lacerda Neto, Jurandyr Carneiro Nobre. Ensino de tecnologia : uma investigação em sala de aula / Jurandyr C.M. Lacerda Neto. - Campinas, SP: [s.n.], 2002. |
| | Orientador: Dirceu da Silva. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. |
| | 1. Tecnologia - Estudo e ensino. 2. Ensino médio. 3. Aprendizagem - Avaliação. 4. Tecnologia - Métodos de ensino. I. Silva, Dirceu da. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. III. Título. |
| | 01-0199-BFE |

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Dirceu da Silva, não só por sua orientação neste trabalho como pelas contribuições para a minha formação profissional. Também ao Prof. Dr. Caio e aos amigos Jomar e Cássio pelas reflexões conjuntas que transformaram o trabalho numa grande satisfação pessoal. Um agradecimento em especial ao Prof. Norton que viabilizou este trabalho em suas aulas e cujo resultado muito se deve à sua paciência e entusiasmo.

Às professoras Lenita e Irene pela ajuda na correção ortográfica e no abstract, respectivamente.

Agradeço também à minha mãe, irmãs e minha namorada e companheira Gláucia, pelo apoio e equilíbrio sem o qual não teria chegado até este ponto.

Ao meu pai *in memoriam*.

À FAPESP pelo auxílio financeiro.

RESUMO

O ensino tecnológico tem sido apontado em documentos, como os parâmetros curriculares nacionais (PCN) para o ensino médio, como uma necessidade para a plena realização da cidadania na sociedade atual. Visto que não só a tecnologia faz parte do dia-a-dia das pessoas que hoje estão no processo de ensino, mas também que decisões e julgamentos envolvem análises e conhecimentos próprios deste mundo tecnológico. Porém, ao propor a introdução do ensino tecnológico dentro de áreas como a de ciências naturais, ainda faltam propostas mais acabadas de como esta introdução poderia ser feita em sala de aula, em atividades concretas, que procurem melhorar as concepções dos educandos e contribuir para o desenvolvimento das competências sugeridas pelo PCN. Acreditamos que uma visão equivocada da tecnologia como produto (presença pura e simples de artefatos tecnológicos) construído a partir da aplicação imediata de conhecimentos científicos, tem sugerido o uso de artefatos tecnológicos como exemplificação de princípios científicos nas aulas de ciências. Por outro lado, partindo do pressuposto que a tecnologia está no processo de criação, constituindo um campo próprio do saber, em nosso trabalho colocamos os alunos em situações de problemas abertos que os motivem a perseguir uma solução prática. Durante o processo de criação das respostas, percebemos que concepções espontâneas procedimentais criavam obstáculos para a superação do problema. Classificamos as respostas durante todo o percurso das atividades e procuramos verificar suas mudanças nas várias etapas que se sucederam, procurando os elementos que teriam favorecido uma evolução das soluções apresentadas para o problema.

ABSTRACT

The technological education has been pointed out in documents such as the "*Parâmetros Curriculares Nacionais*" (PCN) to secondary school as a necessity for the plenty realization of a citizen at the present society. Since not only the technology is part of people's day by day who are at the education process, but also that judgement and decisions involve analysis and proper knowledge of this technological world. But proposing the technological study inside the areas as Natural Science, there is a lack of better proposes how this could be done in the school, in real activities, that demand better students conceptions and to contribute to the ability development suggested by the PCN. We believe that an equivocated point of view of the technology as a product (the existence of simple and pure technological artifact) constructed from an immediate application of scientific knowledge, has suggested the application of technological artifacts as an exemplification of scientific principles. On the other hand, beginning from the presupposition that the technology is inside the creation process, constituting a particular field of knowledge, we can focus our work in putting our pupils in situations of open problems that motivate them to persecute a pratical answer. During the creative process of answers, we can observe that spontaneous conceptions pceeding can create cognitive obstacles. We have to go after them classifying the answers and checking the way pupils have used to overcome the problem.

Índice

| | |
|---|------------|
| 1-INTRODUÇÃO | 7 |
| 2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 33 |
| 2.1-UMA ABORDAGEM SOBRE O QUE VENHA A SER A TECNOLOGIA..... | 33 |
| 2.2-COMO ENSINAR A TECNOLOGIA?..... | 47 |
| 2.3-ESTRUTURANDO AS ATIVIDADES DE ENSINO | 71 |
| 3-METODOLOGIA | 83 |
| 4-APRESENTAÇÃO DOS DADOS | 89 |
| 5-ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS ATIVIDADES DE 1 A 6 | 99 |
| 6-CONCLUSÃO | 115 |
| 7-REFERÊNCIAS | 121 |

1-INTRODUÇÃO

No seu processo de evolução, parece que pouco o homem evoluiu, no aspecto biológico, depois do surgimento do *homo sapiens*. Mas se por um lado, poucas melhorias hereditárias têm sido passadas desde então, o seu desenvolvimento tecnológico tem sido inegável. Parece que depois de constituir suas formas biológicas básicas, o ser humano encontrou um outro motor para o seu desenvolvimento na sua natureza social. Se o homem é um ser social, a sua humanidade provém da sua vida em sociedade e da cultura nela criada (Leontiev,1998: 261).

Ao contrário do que ocorre com outros animais, o homem não apenas se adapta ao ambiente, mas pode transformá-lo conforme suas necessidades. Não vive apenas no mundo, mas com o mundo (Freire,1981).

A atividade criadora na qual o homem modifica o mundo é o trabalho. Para isso criam-se objetos, instrumentos e os conhecimentos implícitos nestes, tanto na sua finalidade quanto na sua fabricação. Esses objetos podem servir tanto para satisfazer às necessidades materiais quanto espirituais e a sua curiosidade, como ciência e a arte. Os instrumentos medeiam a relação do homem com o ambiente, através do trabalho. Esses instrumentos são o produto da cultura material na qual estão os traços da criação humana e incorporadas as operações de trabalho historicamente elaboradas (Leontiev,1998: 268).

As novas gerações, ao se apropriarem da cultura, podem dar continuidade ao desenvolvimento e à história da humanidade. Essa

apropriação pode ser feita através do trabalho, nos conhecimentos envolvidos em seus instrumentos.

Porém, para que esse aprendizado ocorra, não é suficiente a existência pura e simples do instrumento, pode ser necessária a intervenção de outro ser-humano. Esse processo no qual os homens entram em contato com os fenômenos da cultura material e espiritual, comunicando-se com outros homens e desenvolvendo suas aptidões, é chamado de educação (Leontiev, 1998: 272).

Assim, nenhuma sociedade pode continuar um processo de desenvolvimento sem um processo adequado de preparo das novas gerações para a aquisição de sua cultura e sua inserção no trabalho.

Ao longo de seu processo histórico, o homem desenvolveu a técnica e, posteriormente, a tecnologia de forma a ampliar as suas possibilidades no ambiente em que vive. A continuidade do desenvolvimento das sociedades hoje passa pelo entrosamento das novas gerações com o conhecimento tecnológico. Porém, as tecnologias são complexas e práticas ao mesmo tempo e exigem uma formação que remeta a uma reflexão do meio social ao qual se circunscrevem.

Assim, a educação tem ocupado um lugar central nas políticas de estado, conjuntamente com a Ciência e a Tecnologia, como uma estratégia de formação de recursos humanos essenciais ao desenvolvimento de uma nação (Grinspun, 1999: 25).

A lei nº 9394/96, que sanciona a L.D.B., traz as seguintes referências¹:

No artigo 35:

“O ensino médio, como etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:...II- a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;...IV- a compreensão dos fundamentos científicos-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.”

E no artigo 39:

“ A educação profissional, integrada às diferentes formas de educação, ao trabalho, à ciência e à tecnologia, conduz ao permanente desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva.”

A questão da educação com fins de promover a alfabetização tecnológica é um ponto importante para o desenvolvimento nacional. Na divisão internacional do trabalho, os países mais ricos ocupam o lugar de produtores da tecnologia de ponta enquanto os países mais pobres apenas consomem essa tecnologia, em não raros casos, até de maneira acrítica. O mundo, cada vez mais, divide-se entre a parte que produz conhecimentos e

¹ Ver Saviane, D (1997) “A nova lei da educação: trajetória, limites e perspectivas. Campinas/SP: Autores Associados.

outra que os copia. É impossível manter um projeto sustentável de desenvolvimento sem o domínio do conhecimento. Daí resulta uma nova face da pobreza, a dificuldade de organizar o próprio destino com autonomia mínima (Demo, 1999: 36). E o papel da educação de formar indivíduos capazes de criar o conhecimento necessário para o desenvolvimento nacional.

Como afirma Castells:

“De fato, a habilidade ou inabilidade das sociedades para manipular a tecnologia, e particularmente aquelas que são estrategicamente decisivas em cada período histórico, formata vastamente seu destino a ponto de podermos dizer que, enquanto a tecnologia per se não determina a evolução histórica e a mudança histórica, a tecnologia (ou a sua falta) incorpora a capacidade das sociedades de se transformarem a si mesmas, bem como de decidirem, sempre em processo conflitivo, os usos de seu potencial tecnológico” (Castells, 1997: 07).

As nações mais poderosas do planeta são assim vistas, também, pela sua base de sustentação científica e tecnológica. Concebidos nestas sociedades, os artefatos tecnológicos são criados de acordo com a sua cultura e necessidades. Torna-se, portanto, imperioso pensar na educação tecnológica como caminho para o desenvolvimento tecnológico e social.

Para enfrentar o contexto de competição internacional, o fator que mais faz diferença é a qualidade dos recursos humanos empregados e da organização da estrutura empresarial (Sacadura, 1999: 24).

Outro ponto é que a tecnologia faz parte da cultura da sociedade atual, e o acesso a esta cultura é essencial para o exercício da plena cidadania.

A própria declaração da UNESCO, em 1998, sobre a educação superior², alerta para a atenção que as modificações que novas tecnologias tem propiciado na construção e difusão do conhecimento. O acesso restrito de poucos indivíduos ao conhecimento é um elemento negativo à participação democrática.

A ciência e, em especial, a tecnologia têm promovido um processo de transformação amplo na sociedade. Artefatos tecnológicos como o computador ou a televisão modificam rotinas familiares, podem alterar até laços afetivos, maneiras de se vestir, de se comunicar e atingem em cheio a qualificação profissional.

Por outro lado, o desenvolvimento tecnológico implica que façamos escolhas políticas, pois assuntos científicos e tecnológicos são temas de decisões políticas que podem afetar direta ou indiretamente a vida do cidadão. Como exemplo, no nosso próprio país, temos o debate em torno do projeto SIVAM, da continuidade da instalação das usinas de Angra dos Reis, projetos hidroelétricos de efeitos ambientais etc. Sem uma integração e compreensão dos problemas sociais e dos necessários aspectos da Tecnologia e da Ciência, torna-se difícil decidir ou fazer julgamentos se

² Declaração Mundial sobre educação superior

determinado projeto é adequado ou não para a sociedade. Voltando ao PCN lê-se³:

“Os objetivos do ensino médio em cada área do conhecimento devem envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondem a uma cultura geral e a uma visão de mundo (...) o entendimento de equipamentos e de procedimentos técnicos, a obtenção e análise de informações, a avaliação de riscos e benefícios em processos tecnológicos, de um significado amplo para a cidadania e também para a vida profissional.”

Além disso, artefatos tecnológicos, cada vez mais presentes no dia-a-dia, não estão mais na ordem do inteiramente supérfluo. Ninguém, atualmente, poderia viver sem alguns produtos do avanço tecnológico como a energia elétrica ou os veículos automotivos. Porém, esse relacionamento cada vez mais estreito com a tecnologia traz questões de como deveríamos nos relacionar com ela, ou como colocar a tecnologia a nosso serviço, em vez de sempre nos adaptarmos a suas imposições. Conforme afirma Neves (1999):

³ Retirado de “Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias/ Ministério da Educação e Desporto- Brasília (1999). [On line] Disponível em <http://www.mec.gov.br> [Acessado em 4/4/2001].

“... alguns usuários da tecnologia sabem que ela existe para ser usada; outros resistem ao progresso com radical tecnofobia; por último, existem aqueles que apenas esquecem quem deve controlar a situação e se tornam verdadeiras marionetes.” (Neves: 138).

Assim, deveríamos prover uma formação científica e tecnológica para todos os cidadãos, já que a tomada de decisões na sociedade passa por muitos profissionais que, devido ao fato de terem uma formação precária nesses domínios, acabam à mercê daqueles ditos especialistas. Podem vir a comprar equipamentos, dispositivos ou metodologias que não atendem as necessidades reais (Silva *et al*, 2000). Nesse sentido o PCN afirma que também faz parte de uma visão de mundo, além do conhecimento prático essencial a uma educação básica, compreender a operação de um motor, ou os princípios que presidem as modernas telecomunicações, os transportes etc (PCN, 1999: 23).

Estamos vivendo numa sociedade na qual o homem tem de se adaptar e conviver com a tecnologia, porém também pode gerar conhecimento para conhecê-las, manejá-las e saber se relacionar com elas. A idéia de educação assume aqui o desafio de possibilitar ao educando deixar de ser “massa de manobra”, para atingir os patamares de autonomia. Aprendizagem que não gera autonomia não é aprendizagem (Demo, 1999: 38). Conforme afirma Bazzo (1999), nas sociedades democráticas de hoje é necessário propiciar a construção de estruturas para orientar as tecnologias na direção em que possam ser socialmente aceitáveis (Bazzo, 1999: 100).

A respeito da relação entre a tecnologia e os direitos democráticos, Tatum (1996) faz um levantamento de como o desenvolvimento tecnológico e as políticas governamentais a ele associadas podem infringir certos direitos e liberdades básicas como a dignidade humana, a liberdade de religião, de expressão e outras. Esses direitos podem estar sendo infringidos mesmo em sociedades ditas democráticas, na medida que hábitos de vida são modificados, empregos e ramos de trabalho deixam de existir e ideologias associadas à transformações tecnológicas se impõem.

Se temos uma sociedade marcada por contradições e desafios da civilização científica/tecnológica, altos avanços nesse campo capazes de fazer a vida mais humana, mais longa, mas que nos levam, por outro lado, a vivenciar uma situação de domínio, destruição e até mesmo de alienação, então a educação precisa buscar as condições de propiciar a interpretação e compreensão desse contexto, de forma a situar o educando no significado do humano e na compreensão do mundo que o abriga (Grinspun, 1999: 35).

A modernidade que estamos vivendo nos direciona para uma cultura do novo, do progresso, da constatação e da mudança. Cabe à educação o papel de preparar os cidadãos de forma técnica e politicamente competente para enfrentar essas mudanças que já estão ocorrendo. A educação tem de se comprometer com a parte das atitudes, habilidades, interesses e valores que perpassam toda a realidade social e ser responsável pela conscientização dos participantes desta sociedade (Grinspun, 1999: 44).

É importante verificar que os técnicos podem ter grande peso em decisões políticas, muitas vezes impondo à sociedade soluções que nem sempre correspondem ao interesse geral, podendo ser até prejudiciais. Isso

se torna mais grave quando verificamos o compromisso mercantilista a que se encontram expostos, por natureza e de maneira quase permanente, os membros dessa profissão.

Cabe buscar formar profissionais que possam tomar decisões, frente a questões científicas e tecnológicas, com ética e responsabilidade social e não apenas pela necessidade do lucro.

Portanto, os alunos deveriam ser expostos a problemas próximos à comunidade da qual participam, para que sejam motivados a tomar decisões e fazer reflexões sobre a realidade de forma menos conformista ou obediente. Esse tipo de estratégia, pode levar os alunos a testar suas concepções, a explicitá-las, a confrontá-las com as de outros, a entender que uma medida ou uma tomada de decisão pode afetar indiretamente interesses mais gerais ou nocivos a uma comunidade (Silva *et al*, 2000).

Para esse efeito, talvez devêssemos trabalhar cada vez mais próximo do real, e o fazê-lo de maneira inter.- e transdisciplinar. Como interdisciplinar, estamos nos referindo à uma concepção de divisão do saber em que haja uma interação e interdependência entre os saberes, de forma a propiciar uma integração do conhecimento mais significativa e relevante. Por transdisciplinar, entendemos uma coordenação dos saberes das diferentes áreas para que possa haver a passagem de uma a outra (Grinspun, 1999: 35).

A fragmentação disciplinar dificulta que o aluno faça pontes e conexões pois pode não estar, ainda, dotado de um refinamento intelectual, observado em profissionais mais experientes. O conhecimento fica restrito a

um círculo a partir do qual pouco ou nada se pode fazer, a não ser nos próprios exemplos e casos que serviram de ilustração (Silva *et al*, 2000).

É importante salientar que a interdisciplinaridade não significa a multiplicação de conteúdos, que leva à superficialização, mas ao compartilhamento de habilidades comuns como: saber pensar, aprender a aprender, pesquisar etc. Tais habilidades são interdisciplinares pois nada é mais interdisciplinar do que o método (Demo, 1999: 43).

Aqui trabalhamos a idéia de educação tecnológica como aquela que propicia ao indivíduo a capacidade de criação dessa tecnologia, de uso, e de reflexão sobre as relações com o seu modo de vida assim como o de toda a sociedade. Assim, não cabe dar tarefas para um treino ou especialização de novas tecnologias, mas fornecer ao indivíduo as bases para gerir e gerar essas demandas colocadas na sociedade. Uma educação de qualidade que tem na tecnologia a base tanto de um saber-fazer, como de um saber-fazer-para- quê (Grinspun, 1999: 55).

Tratando-se especificamente da formação profissional, não podemos nos restringir ao ensino de uma tarefa ou ofício, devendo também fazer despertar o valor da tecnologia, sua utilização e a capacidade e possibilidade de poder criar e transformar tecnologias.

O processo produtivo remete para a escola o papel de formar indivíduos que dominem um código científico/tecnológico capaz de fazê-los entender o mundo que os cerca. Isso implica uma aprendizagem que não se limita ao conhecimento de conteúdos conceituais para criar novas tecnologias, mas também de novas atitudes e valores advindos deste momento em que estamos vivendo. Conforme afirma Mello (1993):

“(...) como liderança, iniciativa, capacidade de tomar decisões, autonomia de trabalho, habilidade de comunicação, constituem novos desafios educacionais. Em contraposição ao acúmulo de informações segmentadas e superficiais, torna-se mais importante dominar em profundidade as básicas e as formas de acesso à informação, desenvolvendo a capacidade de reunir e organizar aquelas que são relevantes” (Mello apud Grinspun: 63).

Assim, precisamos pensar no desenvolvimento das condições e oportunidades para que o educando melhore a sua capacidade de obter, selecionar e organizar as informações relevantes.

Por exemplo, Rowell, Gustafson e Guilbert (1997) ao estudarem como os engenheiros definiam um problema e procuravam soluções para o mesmo, constataram que eles reconheciam a importância de visualizar o problema dentro de seu contexto, assinalando suas implicações sociais, econômicas e ambientais além dos aspectos técnicos (Rowell *et al*, 1997).

No mesmo trabalho, é descrito como os engenheiros procuravam a solução para um problema. Argumentam que não existem soluções claras porém apenas aquelas construídas para satisfazer critérios que antes eles estabeleceram como ideais. Para chegar a essas soluções, afirmam a necessidade de fazer hipóteses, executar cálculos para estabelecer relações e testes para substanciá-los (Rowell *et al*, 1997).

Em outro estudo (feito na Inglaterra, em 1994, e publicado no *European Journal of Engineering Education*), Sacadura (1999) conclui que

não há correlação entre o êxito profissional e o nível dos dados do relatório curricular, mas sim com uma série de fatores pessoais como: iniciativa, motivação, capacidade de comunicação, aptidão para o trabalho em equipe etc. de forma que, as empresas entrevistadas, recomendavam que fossem reforçados nos currículos aspectos relacionados ao desenvolvimento de certas capacidades como: *management*, metodologia de solução de problemas e trabalho em equipe (Sacadura, 1999: 23).

Sacadura afirma que para as empresas, a formação de profissionais ligados à área tecnológica deve conter um conjunto de três exigências (Sacadura, 1999: 26):

1. Posse de sólidos conhecimentos científicos. Neste caso vale lembrar que isso inclui o domínio de certa especialidade apenas em certo instante, para uma missão específica. No entanto, como essa especialização pode perder a atualidade em curto espaço de tempo, devido ao avanço tecnológico, são fundamentais as competências do técnico generalista e alguns fatores pessoais, que permitem uma boa integração no âmbito da empresa.

2. Desenvolver faculdades de observação e de entendimento da realidade. Estas capacidades são importantes para a adaptação num contexto evolutivo e competitivo, no qual as empresas estão imersas.

3. Capacidade de conceitualização, de elaboração de modelos. Após a análise de uma situação real, construir um modelo representativo do problema, que seja fácil de explorar e comunicar, para retornar à situação real por intermédio de uma solução viável.

Moraes (1999) nos mostra uma pesquisa encomendada pela POLI/USP junto às empresas do estado de São Paulo. O universo pesquisado foi de 17.518 estabelecimentos comerciais do estado de São Paulo, de dezembro de 1997 a janeiro de 1998. A pesquisa foi feita em empresas de pequeno, médio e grande porte. Os questionários foram respondidos na seguinte distribuição: 53% eram gerentes e supervisores; 31% diretores; e os demais analistas, consultores, presidentes e vice-presidentes das empresas. Como análise do resultado:

“...O que mais se observou foi que a quase totalidade dessas características estava mais relacionada com as qualidades do SER e menos com as do SABER técnico. (...)É um ser autônomo, com boa capacidade decisória e crítica para poder avaliar e confiar em suas fontes de informações e ser capaz de produzir conhecimentos.”(Moraes: 57)

Como se torna quase impossível acompanhar o rápido desenvolvimento tecnológico, a formação deve se preocupar com competências que possibilitem ao indivíduo pensar a totalidade do processo produtivo, raciocinar formando modelos que permitam compreender a

realidade da produção, apreciando tendências e reconhecendo seus limites. A escola, então terá de ser menos tradicional e mais voltada para gerar conhecimentos a partir das práticas, das técnicas aplicadas, interagindo com o setor produtivo e buscando aprendizagens mútuas. (Cardoso, 1999: 221 e 222).

Esperam-se, nessa nova ordem, profissionais com capacidades que permitam, mais que ter o conhecimento técnico, ter a técnica como meio e não como fim em si mesma, que substituam a reprodução de conhecimentos pela criatividade e inovação, que sejam negociadores e não defensores de um conhecimento que pode ficar obsoleto rapidamente.

Se o processo de aprendizagem não se restringe ao manuseio da máquina, mas ao seu entendimento mais amplo, a perspectiva histórica pode suscitar uma educação na qual o sentido do fazer e a consciência do viver podem responder às necessidades da vida social. A dimensão da história da técnica e da tecnologia contribui para desmistificar o ensino da técnica pela técnica, a reprodução de um saber mecânico, sendo fundamental para a educação tecnológica (Cardoso, 1999: 221). Bermudez (1999) argumenta que as tecnologias avançadas podem ser apresentadas junto ao seu histórico, enfatizando a importância dos conceitos básicos na concepção de uma idéia avançada (Bermudez, 1999: 74).

Porém, a maioria dos esforços para reverter esse panorama no ensino de formação técnica ainda se baseia numa adaptação linear ao sistema produtivo industrial, numa espécie de imitação acrítica de seu modelo e de sua eficiência (Bazzo, 1999: 94). Uma mudança poderia ocorrer alterando a

cultura epistemológica na forma como o conhecimento é tratado nessa área (Bazzo, 1999: 91).

Bazzo (1999) defende que essa mudança poderia se realizar através de uma postura que valorize as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Relações, essas, transdisciplinares, pois são indissociadas das questões éticas, políticas, ambientais, econômicas, históricas etc (Bazzo, 1999: 97).

Os estudos CTS se configuraram nos últimos cinquenta anos como uma área interdisciplinar que trata o estudo da Ciência e da Tecnologia com relação às suas conseqüências e respostas sociais. Duas tradições foram reconhecidas: a norte-americana, que enfatiza mais as conseqüências sócias e prioriza uma ênfase maior na tecnologia, é marcada pelas questões éticas e educacionais; e a européia, que enfatiza mais intensamente a história e prioriza mais a Ciência, é marcada pelas questões antropológicas, sociológicas e psicológicas (Bazzo, 1999: 98). O movimento em questão ganhou muito vigor, no decorrer da década de 1980, em muitos países, através de vários projetos curriculares, seja como uma disciplina, como modificações na forma de ensinar alguns tópicos em disciplinas já existentes, inclusão de tópicos novos ou a transformação integral do currículo para um enfoque CTS (Silva *et al*, 2000; Iglesia, 1997).

Outro ponto importante, é que essa mudança exige de um novo direcionamento epistemológico, do processo educacional centrado no professor para o processo centrado no aluno. Os professores saem da postura de detentores do conhecimento para a de orientadores na busca do conhecimento pelo aluno. Neste contexto, o professor passa a ser, também,

um aprendiz, por estar sujeito a receber dos alunos informações que ele mesmo desconhece. Os alunos passam a ter parte ativa no seu processo de aprendizagem, aprendendo quando, onde e como buscar a informação, aprimorando sua capacidade de síntese e análise (Salum, 1999: 109).

Alguns trabalhos no ensino com enfoque CTS procuram uma convergência com um modelo construtivista em que se procura mudar as idéias prévias dos alunos e suas tendências metodológicas usuais, centrando seus esforços na conceitualização e na familiarização com a metodologia científica, evitando práticas empiristas e puramente operativas características de uma imagem usual de ciência (Gil e Carrascosa apud Solbes, 1992).

Tais mudanças metodológicas implicam um novo olhar sobre o ensino, procurando superar a idéia de uma escola que ensina de forma reprodutora uma função específica para uma escola transformadora que habilita a inserção do educando na dinâmica da tecnologia.

Poderíamos resumir que a importância do ensino da tecnologia conforme argumentamos acima, utilizando os autores supracitados, pode ser classificada em três pontos:

1. Formação de indivíduos capazes de gerar conhecimento para superar os desafios de um projeto de desenvolvimento nacional sustentável.
2. Construção da cidadania através da participação nas decisões da sociedade que não raras vezes passam por questões científicas e tecnológicas.
3. Melhor entrosamento com as tecnologias presentes na sociedade, de forma que levem à realização e à autonomia pessoal

e/ou profissional e não a um processo de dominação e alienação presentes na incorporação acrítica de novas tecnológicas.

O atual PCN faz referências claras sobre a importância da introdução da tecnologia nos cursos de ciências naturais. Na apresentação da proposta para as áreas de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias aparece⁴:

“o de produzir um conhecimento efetivo, de significado próprio, não somente propedêutico (...) entre os objetivos educacionais amplos deste nível, uma série de competências humanas relacionadas a conhecimentos matemáticos e científicos-tecnológicos.”

(PCN: 10).

Tal citação indica a preocupação da introdução do estudo da tecnologia nos cursos de ciências naturais de forma a promover o desenvolvimento de certas competências. As competências sugeridas pelo PCN para a área de ciências da natureza, matemática e suas tecnologias são:

1-Representação e Comunicação

- Ler e interpretar textos de interesse científico e tecnológico.

⁴ Retirado de “Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias”/ Ministério da Educação e Desporto- Brasília (1999). [On line] Disponível em <http://www.mec.gov.br> [Acessado em 4/4/2001].

- Interpretar e utilizar diferentes formas de representação (tabelas, gráficos, expressões, ícones,...).
- Exprimir-se oralmente com correção e clareza, usando a terminologia correta.
- Produzir textos adequados para relatar experiências, formular dúvidas ou apresentar conclusões.
- Utilizar as tecnologias básicas de redação e informação, como computadores.
- Identificar variáveis relevantes e selecionar os procedimentos necessários para a produção, análise e interpretação de resultados de processos e experimentos científicos e tecnológicos.
- Identificar, representar e utilizar o conhecimento geométrico para aperfeiçoamento da leitura, da compreensão e da ação sobre a realidade.
- Identificar, analisar e aplicar conhecimentos sobre valores de variáveis, representados em gráficos, diagramas ou expressões algébricas, realizando previsão de tendências, extrapolações e interpolações e interpretações.
- Analisar qualitativamente dados quantitativos representados gráfica ou algebricamente relacionados a contextos socioeconômicos, científicos ou cotidianos.

2- Investigação e compreensão

- Formular questões a partir de situações reais e compreender aquelas já enunciadas.

- Desenvolver modelos explicativos para sistemas tecnológicos e naturais.

- Utilizar instrumentos de medição e de cálculo.

- Procurar sistematizar informações relevantes para a compreensão da situação problema.

- Formular hipóteses e prever resultados.

- Elaborar estratégia de enfrentamento das questões.

- Interpretar e criticar resultados a partir de experimentos e demonstrações.

- Articular o conhecimento científico e tecnológico numa perspectiva interdisciplinar.

- Entender e aplicar métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais.

- Compreender o caráter aleatório e não determinístico dos fenômenos naturais e sociais e utilizar instrumentos adequados para medidas, determinação de amostras e cálculo de probabilidades.

- Fazer uso do conhecimento da Física, da Química e da Biologia para explicar o mundo natural e para planejar, executar e avaliar intervenções práticas.

- Aplicar as tecnologias associadas às Ciências Naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida.

3- Contextualização sociocultural

- Utilizar elementos e conhecimentos científicos e tecnológicos para diagnosticar e equacionar questões sociais e ambientais.
- Associar conhecimentos e métodos científicos com a tecnologia do sistema produtivo e dos serviços.
- Reconhecer o sentido histórico da ciência e da tecnologia, percebendo seu papel na vida humana em diferentes épocas e na capacidade humana de transformar o meio.
- Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.
- Entender a relação entre o desenvolvimento de Ciências Naturais e o desenvolvimento tecnológico e associar as diferentes tecnologias aos problemas que se propuser e se propõe a solucionar.
- Entender o impacto das tecnologias associadas às Ciências Naturais, na sua vida pessoal, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social.

Estas competências aparecem relacionadas com conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos. Assim, compreendemos que a abordagem da tecnologia é um recurso interessante para o desenvolvimento de certas habilidades e competências.

Continuando no parágrafo anterior, encontramos:

(...) de forma que os aspectos e conteúdos tecnológicos associados ao aprendizado científico e matemático sejam parte essencial da formação cidadã de sentido universal e não somente de sentido profissionalizante.” (PCN: 10).

Neste ponto, o texto do PCN argumenta que tais competências são essenciais para a formação do cidadão. Aqui percebemos que a abordagem da tecnologia no ensino das Ciências Naturais é colocada como importante para a alfabetização tecnológica. Ou seja, a tecnologia faz parte da cultura da sociedade atual, e o acesso a esta cultura é essencial para o exercício da plena cidadania. Assim, ser capaz de entender a tecnologia e julgar suas conseqüências é fundamental para a participação nas decisões da sociedade atual. A esse respeito recolhemos a seguinte citação do PCN:

“Ao se denominar a área como sendo não só de Ciências e Matemática, mas também de suas Tecnologias, sinaliza-se claramente que em cada uma de suas disciplinas, pretende-se promover competências e habilidades que sirvam para o exercício de intervenções e julgamentos práticos. Isto significa,

por exemplo, o entendimento de equipamentos e de procedimentos técnicos, a obtenção e análise de informações, a avaliação de riscos e benefícios em processos tecnológicos, de um significado amplo para a cidadania e também para a vida profissional.” (PCN: 17).

A compreensão da tecnologia envolve o aprendizado de um conhecimento prático, próximo da resolução dos problemas cotidianos. Neste sentido lemos no PCN:

“Também é visão de mundo, além de conhecimento prático essencial a uma educação básica, compreender a operação de um motor elétrico ou de combustão interna, ou os princípios que presidem as modernas telecomunicações, os transportes, a iluminação e o uso clínico, diagnóstico ou terapêutico, das radiações.” (PCN: 23)

Neste sentido, o estudo da tecnologia não é colocado apenas como um fim em si mesmo, mas como elemento de articulação de uma visão de mundo que transcende o entorno material imediato, chegando a dimensões filosóficas, sem, ao mesmo tempo, perder a sua referência imediata e material. Ainda sobre isso lemos:

“(…) feitas as investigações, abstrações e generalizações potencializadas pelo saber da Física, em sua dimensão conceitual, o conhecimento volta-se novamente para os fenômenos significativos ou objetos

tecnológicos de interesse, agora com um novo olhar, como exercício de utilização do novo saber adquirido, em sua dimensão aplicada ou tecnológica.” (PCN: 50).

O PCN ainda faz referência ao estudo da tecnologia como uma possibilidade de integração dos conhecimentos presentes nas disciplinas da área de Matemática e Ciências Naturais. Lemos a seguinte afirmação:

“(...) a articulação interdisciplinar desses saberes, propiciada por várias circunstâncias, dentre as quais se destacam os conteúdos tecnológicos e práticos, já presentes junto a cada disciplina, mas particularmente apropriados para serem tratados desde uma perspectiva integradora.” (PCN: 16).

Não apenas concordamos que a tecnologia possa propiciar a integração dos conhecimentos das áreas de Ciências Naturais e Matemática, assim como a integração destes com outras áreas do conhecimento como nas Ciências Humanas. A tecnologia é motivada por demandas da sociedade e reflete o seu modo de vida, as suas contradições, o seu modo de produção de bens e de organização. Ou seja, a tecnologia faz parte da cultura da sociedade na qual é criada e reflete seus valores.

Para finalizar a importância do ensino tecnológico ainda é necessário falar que ao entendermos o trabalho como atividade transformadora e através da qual o homem pode ter a sua realização, esse indivíduo passa a viver com o mundo e não apenas no mundo conforme afirma Freire (1981), a formação tecnológica pode dar ao ensino a característica de formação politécnica.

Não estamos entendendo a politecnia no seu sentido do senso comum, como a aprendizagem de várias técnicas, mas numa perspectiva transformadora, de múltiplas construções de forma que o homem desenvolva suas potencialidades, que se construa na sua dimensão intelectual. Nesse sentido citamos Saviani (1997):

“...no ensino médio já não basta dominar os elementos básicos e gerais do conhecimento que resultam e ao mesmo tempo contribuem para o processo de trabalho na sociedade. Trata-se, agora, de explicitar como o conhecimento (objeto específico do processo de ensino), isto é, como a ciência, potência espiritual, se converte em potência material no processo de produção. Tal explicitação deve envolver o domínio não apenas teórico, mas também prático sobre o modo como o saber se articula com o processo produtivo...”

... O ensino médio envolverá, pois, recurso às oficinas nas quais os alunos manipulam os processos práticos básicos da produção; mas não se trata de reproduzir na escola a especialização que ocorre no processo produtivo. O horizonte que deve nortear a organização do ensino médio é o de propiciar aos alunos o domínio dos fundamentos das técnicas diversificadas utilizadas na produção, e não o mero adestramento em técnicas produtivas. Não a formação

de técnicos especializados mas de politécnicos...”

(Saviani: 39).

Porém, um ponto que fica em aberto no PCN é como trabalhar em sala de aula de forma a desenvolver as competências por ele elencadas. Aqui vamos nos preocupar com um aspecto, a tecnologia.

Tradicionalmente, a tecnologia tem aparecido nos cursos na forma da descrição de artefatos tecnológicos como ilustração de relações, leis ou princípios científicos. Assim a tecnologia tem sido trabalhada como a ciência aplicada ou como a ciência do cotidiano. Porém, tal abordagem não tem rompido com a idéia do ensino como reprodução de informação e repetição de técnicas e nem ajudado no desenvolvimento das competências citadas.

Acreditamos que tais abordagens provenham de uma visão equivocada do que seja a tecnologia, confundindo-a com uma ciência aplicada ou a descrição de artefatos tecnológicos, e não a reconhecendo como um campo próprio do saber.

O problema que este trabalho pretende abordar se refere a como podemos elaborar atividades de ensino em sala de aula de forma que nossos alunos aprendam a resolver um problema tecnológico. Para isto estaremos direcionando nossa revisão bibliográfica para dois aspectos:

1. Procuramos definir o que venha a ser a tecnologia e as características desse campo do saber que pretendemos ensinar.
2. Procuramos na literatura do ensino de ciências subsídios para elaborar as atividades de ensino.

Na seqüência, elaboramos as atividades de ensino e definiremos a metodologia para a aplicação das atividades e coleta dos dados, antes da aplicação das atividades em sala de aula.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- Uma abordagem sobre o que venha a ser a tecnologia.

Uma interpretação comum é associar a tecnologia à imagem de uma ciência aplicada. Assim, uma filosofia da tecnologia estaria implícita em uma filosofia da Ciência (Gilbert, 1992). Conforme nos afirmam Manning e Carlisle (1996), já no final do século dezoito, uma associação chamada Luna Society afirmava que a diferença entre a operação de um aparato de laboratório e de um processo industrial era que no primeiro isolava-se a causa para estudar os efeitos, enquanto no segundo isolava-se o efeito de influências externas de forma a prever os resultados (Manning e Carlisle, 1996).

Outra versão corrente é interpretar a tecnologia como um conjunto de técnicas, muitas vezes usando ambos os termos indistintamente (Rodrigues, 1999). Muitas pessoas ainda associariam tecnologia com coisas como computadores ou automóveis e, outras, ainda com coisas complicadas que precisam de manual (Custer, 1995).

A palavra tecnologia provém de uma junção do termo *tecno*, do grego *techné*, que é saber fazer, e *logia*, do grego *logus*, razão. Portanto, etimologicamente, tecnologia significa a razão do saber fazer (Rodrigues, 1999).

A confusão entre a ciência, a técnica e a tecnologia pode ser melhor abordada por uma perspectiva histórica.

Fazendo uma rápida consulta, Milton Vargas (1999) nos mostra que hominídeos já utilizavam objetos achados na natureza como instrumentos, porém não mostravam nenhuma intenção de melhorá-la de forma a que

servisse melhor. Apenas com o “homo-erectus” é que se percebe a pedra talhada, e o começo da “intencionalidade - transformação”, ou seja, a intenção de usar um objeto como instrumento e de transformá-lo para melhor se valer dele. Tempos depois se verifica o início da agricultura, da construção de cidades, do preparo de comidas e bebidas etc. Essa evolução da técnica nos mostra que após a invenção desta, ela desencadeia um processo de melhoria de suas formas e uso (Vargas, 1999: 07).

O período Paleolítico caracteriza-se pelo aparecimento dos primeiros hominídeos, cerca de 4.000.000 a.C., passa pelo aparecimento do *homo sapiens*, em torno de 50.000 a.C., e chega até 18.000 a.C. Este período, caracterizado como o início da Idade da Pedra, encontram-se vestígios do uso da pedra como ferramenta para a construção de objetos cortantes e pontiagudos, para o preparo de alimentos e também o uso do fogo para aquecer, para iluminar e defesa contra outros animais. Os grupos eram basicamente caçadores e coletores (Cardoso, 1999: 185).

No período seguinte, o Neolítico (até 4000 a.C.), o homem desenvolve técnicas de agricultura e criação de animais, possibilitando a formação de grupos agricultores e pastores. Aparece a confecção de tecidos, a construção de casas e a fabricação de utensílios para o processamento e armazenamento de alimentos como cestos e recipientes de barro. Com o início das olarias, aparece o primeiro uso da roda. Finalmente, observa-se a utilização de alguns metais em seu estado natural como o cobre e o ouro e, posteriormente, a primeira liga, o bronze. Com a busca de novas terras pelos grupos de pastores e agricultores, difundem-se alguns modos de vida por outras localidades (Cardoso, 1999: 186).

Nesta época pré-histórica, o desenvolvimento da técnica visava sobretudo à resolução de problemas práticos da vida diária, desde a construção de instrumentos até o desenvolvimento da aritmética e da astrologia. A transmissão desses conhecimentos se dava pela imitação, do treino prático de técnicas que satisfaziam às necessidades (Cardoso, 1999: 187).

O surgimento da técnica era interpretado, em épocas remotas, como um presente dos deuses aos homens. É uma época em que o homem parece se sentir limitado pela enormidade dos fenômenos naturais e, apesar do constante progresso técnico, cria um culto ao sobrenatural. O homem recorre a mitos no sentido de compreender o universo e se colocar nesse contexto, saber de onde saíram as coisas e as pessoas e como se estruturou a sociedade (Martins, 1994).

A magia parece ser a primeira forma de procurar sistematizar as relações do homem com o mundo natural. Os sacerdotes, possuindo o conhecimento das técnicas que possibilitavam um certo domínio da natureza e a sobrevivência das comunidades, se tornavam pessoas com grande status e poder. O conhecimento era mantido em segredo e transmitido a poucos através de alguns rituais de iniciação. A astronomia chegou a ser um segredo de estado solidamente guardado (Cardoso, 1999: 188).

No milênio IV a.C. surgem as primeiras grandes civilizações em grandes vales do Oriente como os Sumérios, Caldeus, Babilônios e Assírios na Mesopotâmia, como os egípcios no Vale do Nilo; Aramaicos, Fenícios e Hebreus nas costas orientais do Mediterrâneo. Estas civilizações foram marcadas por estados centralizados que atendiam às necessidades das

comunidades agrícolas com obras de vulto. Além disso, o crescimento de cidades na Antigüidade levou ao surgimento de problemas que necessitaram de técnicas para solucioná-los (Cardoso, 1999: 189).

Porém em alguns lugares, como na Grécia e na Índia, surgiu um pensamento filosófico que procurou dar uma explicação para o mundo sem utilizar os mitos (Martins, 1994). É de lá que vem o conceito de teoria-*theoreo*- ver com os olhos do espírito, numa atitude contemplativa, sem nenhuma conotação experimental (Cardoso, 1999: 190).

Nessa época é que as sabedorias, e também as técnicas, não seriam mais presentes dos deuses, mas trazidas por homens historicamente existentes. As técnicas são transmitidas de geração a geração pelos mestres a seus discípulos através do trabalho (Vargas, 1999).

Platão (428-348 a.C.) trabalhava o conhecimento técnico- *techné*- e o artístico- *ars*- da mesma forma, como uma habilidade de fazer alguma coisa com uma matéria, tendo alguma razão para fazer. Como a técnica exige a medida, usa a matemática como instrumento. Não obstante, Platão defendia a matemática e a geometria como matérias para a elevação do espírito e que, portanto, serviriam ao homem livre para a educação teórica (*paidéia*) e não com fins práticos (Cardoso, 1999: 190).

Aristóteles (384a.C.- 322a.C.) define a *Techné* como algo que precisa da lógica e do hábito. Assim não dependia de um conhecimento transmissível, por ser lógico, mas de um hábito. Com esse conhecimento habitual, a ferramenta se tornava a extensão do próprio corpo no trabalho. Por exemplo, um carpinteiro adquire um conhecimento habitual do uso do martelo até esse ser usado como extensão do próprio braço. A técnica

evoluía no sentido de se tornar a mais repetitiva possível, podendo ser reproduzida por quem quer que fosse dado o conhecimento das medidas e das regras de execução (Rodrigues, 1999).

Aristóteles também distingue a *techné* da *physys*, a primeira como um conhecimento adquirido pela repetição e para resolver problemas práticos, e a segunda feita pela contemplação e buscando o funcionamento do mundo. Para os gregos antigos, o conhecimento técnico, apesar de seu constante progresso, ocupava um grau de importância menor. Os detentores da técnica nunca ocuparam altos escalões na hierarquia social (Rodrigues, 1999).

Os homens gregos livres devotavam sua atenção para a formação integral do corpo e do espírito através do estudo da filosofia, das artes e da ginástica. As habilidades técnicas do ensino profissional eram próprias das camadas mais baixas, na sua maioria, escravos (Cardoso, 1999: 191).

Apesar de mais práticos do que os gregos, os romanos preservaram a herança cultural grega. O trabalho era indigno para um homem livre romano, sendo este reservado aos escravos, que recebiam uma formação técnica necessária nas casas onde trabalhavam, sendo treinados para algumas profissões. Os homens livres poderiam estudar a literatura e as artes, mas de maneira desinteressada, excetuando-se a arquitetura e a medicina que eram consideradas nobres (Cardoso, 1999: 192).

No final da República Romana, trabalhadores do comércio e do artesanato começaram a se reunir em associações ou corporações, como os *collegia*, de forma a fazer frente ao trabalho escravo (Cardoso, 1999: 192).

No Império Romano, o grande desenvolvimento técnico se manifestava nas construções de prédios, templos, arcos do triunfo e estradas.

Em 312 a.C., Appios Claudius iniciou a construção da Via Apia, ligando a distância de trezentos quilômetros entre Roma e Capua, sendo a melhor estrada até então construída e inaugurando uma técnica que a engenharia romana viria a desenvolver nos séculos seguintes (Cardoso, 1999: 193).

A desvalorização do trabalho técnico permanece durante a época medieval, sendo praticado pelos servos da gleba. A atividade principal se concentrava em dar glória a Deus e alcançar a vida eterna. Assim mesmo, as técnicas se desenvolvem espetacularmente, principalmente nos mosteiros, como obra de louvor a Deus (Rodrigues, 1999).

Mas pela necessidade de resolver problemas ligados à sobrevivência das comunidades feudais, ocorreu um desenvolvimento de técnicas agrícolas, como o uso do arado, que aumentou a produção agrícola, diminuindo a mortalidade, sobretudo a infantil, e dispensando uma mão-de-obra que passava a ser excedente. Estes iriam se dedicar aos trabalhos artesanais nas cidades, aumentando as associações de trabalhadores. Como o trabalho artesanal já se tornava suficientemente complexo para ser aprendido pela simples imitação, necessitando de um processo de formação, formaram-se as corporações de ofício. Estas se organizaram juridicamente, com estatutos formados de acordo com antigos costumes, no qual todos se empenhavam segundo normas e usos da arte, preservando-as em segredo, mesmo com aqueles que os acompanhavam no trabalho como ajudantes. O aprendizado não se limitava somente à execução, mas também passava pelos critérios de utilização, do uso dos instrumentos e do conhecimento de matérias primas. Porém, esses não se articulavam com conhecimentos mais gerais (Cardoso, 1999: 195).

E, apesar de muitas inovações técnicas da época, como o aperfeiçoamento da tecelagem, da atrelagem de animais, das construções e das navegações, grandes avanços se deram em virtude da tradução dos trabalhos clássicos como os tratados de Medicina de Hipócrates e de arquitetura de Vitruvius. É importante ainda ressaltar a influência árabe que desenvolveu conhecimentos sobre astronomia, botânica, medicina, ótica, matemática, farmácia, agronomia etc (Cardoso, 1999: 196).

Também a Ciência teria surgido na Grécia antiga, supostamente com Tales de Mileto, no século VI a.C. (Ronan, 1987). O que a diferencia de outras formas do saber é que se estabelece como um corpo de conhecimentos estruturais e explicativos e não como uma coleção de elementos e fenômenos (Needham, 1977).

Enquanto a técnica era praticada pelos artesãos, procurava dar conta dos problemas impostos ao trabalho e as demandas materiais da sociedade; a Ciência tinha o propósito de explicação do âmago da natureza, feita pelos cientistas, normalmente próximos das cortes e do poder político nos quais o trabalho físico era visto como inferior (Silva et al, 1999).

A obra do filósofo inglês Francis Bacon (1561- 1626) torna explícita uma nova mentalidade, a de conhecer metodicamente a natureza para explorá-la em benefício do próprio homem (Rodrigues, 1999).

Enquanto isso, Galileu Galilei (1564- 1642) usa a matemática para resolver problemas ligados à natureza. Enquanto era prática entender a natureza buscando sua essência e qualidades, Galileu busca suas quantidades (Rodrigues, 1999).

Renê Descartes (1596- 1650) fundamenta filosoficamente o novo método científico. Em sua obra *O discurso do método* descreve que na natureza existem apenas duas substâncias: o espírito e a matéria, sendo dessa última possível conhecer apenas aquilo que se pudesse medir, calcular e passar para linguagem matemática (Rodrigues, 1999).

A Ciência Moderna surge para entender a natureza com fim de explorá-la em benefício do homem, usando o cálculo matemático no objeto estudado e aplicando um método sistemático e indutivista de pesquisa.

Embora um conceito rudimentar dessa nova ciência já possa ser achado no séc. XVI, é no séc. XVII que a escolástica medieval começa a ser superada e forma-se uma nova maneira de ver o homem e a natureza (Cardoso, 1999: 197).

Para o sucesso dessa Revolução Científica, três descobertas trazidas da China foram fundamentais: a bússola, que permitiu novas navegações, a pólvora para a construção de armamentos e a impressão de livros para a difusão de conhecimentos. Este último foi fundamental para a divulgação de publicações técnicas imprescindíveis para algumas categorias profissionais, como os médicos, por exemplo. Todas as três foram fundamentais para o domínio da civilização européia sobre outros povos e a consolidação do poder da Igreja (Cardoso, 1999: 197).

Porém, ainda no início do séc. XVII, as universidades não tinham a pesquisa como um de seus pilares fundamentais. Aliás, para ser um cientista não era necessário o estudo de algum saber livresco como a matemática ou o latim, mas sobretudo ter uma publicação nos anais das academias científicas, então abertas a todos. A correspondência entre os cientistas foi o

meio fundamental de trocas de saberes, até que em 1657, nove cientistas italianos, entres eles Evangelista Torricelli, decidiram trabalhar experimentalmente em conjunto, fundando uma academia que durou até 1668 (Cardoso, 1999: 198).

A idéia se difundiu, e do hábito de reuniões informais de cientistas em Londres, em 1662, nasceu a Royal Society. Alguns dos maiores nomes da ciência da época participaram desta academia, na qual proveio uma visão de mundo como um sistema mecânico que podia ser compreendido pela razão humana. A partir de então, várias outras sociedades foram fundadas em outros países (Cardoso, 1999: 198).

Ao mesmo tempo, há o surgimento de nova concepção de trabalho, relacionada com o papel que o saber técnico passa a desempenhar na Europa. Passa a existir uma colaboração entre artistas, técnicos e os cientistas. O sucesso da Ciência na explicação da natureza repercute na solução de problemas práticos. Começa-se a perceber que aquilo que era ensinado aos aprendizes por seus mestres, principalmente através do trabalho, poderia ser realizado pelo conhecimento e estudo de teorias científicas. Mas a aplicação de teorias científicas para resolver problemas técnicos foi por muito tempo malsucedida. Cientistas como Leibniz, Huygens e Euler não foram bem sucedidos em resolver problemas técnicos (Vargas, 1999).

Contudo, dessa união entre estas duas formas de conhecimento começa o que chama-se de Técnica Moderna, resolver problemas técnicos utilizando-se um conhecimento prático e, apenas eventualmente, utilizando-se algum conhecimento científico. Tal união forneceu resultados positivos

como a máquina a vapor de Watt, este um prático de laboratório apenas levemente instruído em conhecimentos científicos. Demoraria quase cinqüenta anos para Carnot explicar a máquina a vapor por princípios da termodinâmica (Vargas, 1999).

A Técnica Moderna forma a base do conhecimento técnico necessário para a Revolução Industrial. É importante salientar que esta primeira revolução industrial não foi resultado dos progressos científicos. Como vimos, foi a máquina a vapor que deu origem à termodinâmica e não o oposto (Sacadura, 1999: 14).

Na medida em que a mera resolução de problemas práticos por princípios científicos e matemáticos vai se sistematizando e originando campos de pesquisa, podemos perceber contornos dessa nova disciplina chamada de Tecnologia. Um exemplo foram as pesquisas de filamentos para lâmpadas incandescentes nos laboratórios de Thomas Edison, em Menlo Park, EUA (Vargas, 1999).

Parece que as demandas da sociedade industrializada propiciam o desenvolvimento da Tecnologia como um conhecimento metódico e estruturado, como a Ciência.

O método de pesquisa do conhecimento tecnológico parece não ser tão diferente do científico, sendo muitas vezes este último motivador do primeiro. Rodrigues (1999) nos cita a descoberta da luneta e do termômetro por Galileu.

Por vezes, pesquisas científicas dependem de um desenvolvimento tecnológico, poderíamos citar o caso de pesquisas de partículas realizadas em grandes aceleradores ou pesquisas espaciais.

Se é verdade que conhecimentos científicos podem se transformar em desenvolvimentos tecnológicos, às vezes a ordem se inverte como no desenvolvimento da termodinâmica que nos referíamos anteriormente.

Porém a tecnologia apresenta outros aspectos além do técnico. Se tecnologia se vale, em certos casos, de teorias científicas para a resolução de problemas práticos, ela se estrutura em um campo próprio do conhecimento englobando outros aspectos como o aspecto cultural da sociedade onde se desenvolve e o aspecto organizacional. Como nos diz Vargas (1999):

“Ela exige, por parte de seus agentes, um profundo conhecimento do porquê e como seus objetivos são alcançados. Além disso, exige da sociedade em que ela se instala uma reformulação de suas estruturas e metas, compatível com a utilização dos benefícios que trazer. É um conjunto de atividades humanas associadas a um sistema de símbolos, instrumentos e máquinas visando a construção de obras e a fabricação de produtos, segundo teorias, métodos e processos da ciência moderna.” (Vargas, 1994).

A tecnologia nasce em função de demandas da sociedade e modifica hábitos e valores, passa a fazer parte da cultura da sociedade. E, apesar de estar presente em artefatos que nos cercam, não podemos restringi-la a estes artefatos. Um erro comum é confundir a tecnologia com o seu produto, ou seja, com um artefato tecnológico. A tecnologia é o conhecimento que

está por trás desse artefato. Não é apenas resultado e produto mas concepção e criação (Grispun, 1999).

Nesse sentido se distingue da Ciência também nos seus modos de avaliação. O valor da pesquisa e da atividade tecnológica é o da utilidade e eficácia dos inventos e da eficiência no processo de produção (Rodrigues, 1999). Portanto, não é também simples invenção, enquanto um inventor trabalha no mundo de suas idéias como um artista, o profissional de tecnologia trabalha geralmente em equipe com objetivos determinados (Mitchan *apud* Rodrigues, 1999).

Para esclarecer melhor as diferenças, Gilbert (1995) apresenta um conjunto de diferenças entre esses dois campos do saber:

Quadro 1: Diferenças entre a ciência e a tecnologia

| Diferenças quanto a: | Ciência | Tecnologia |
|---------------------------------------|----------------------------|--|
| Finalidade | Explicação | Fabricação |
| Interesse | Natural | Artificial |
| Método | Analítico | Sintético |
| Procedimento | Simplificação do fenômeno | Complexidade, devido a necessidade de realizar |
| Resultado | Conhecimento generalizável | Objetivo particular |

Gilbert propõe o modelo de Pacey, no qual o conhecimento tecnológico é definido em três aspectos: Técnico, cultural e organizacional

(Pacey apud Gilbert, 1992). O ensino de tecnologia poderia privilegiar qualquer um dos três aspectos, dependendo dos objetivos a que se propõe. O desenvolvimento tecnológico ocorre quando esses três aspectos estão em equilíbrio (Gilbert, 1992).

Sendo o desenvolvimento um aspecto dentro de uma cultura, a tecnologia se torna mais um elemento dentro da cultura da sociedade que a cria. Daí o fato de que, ao ser importada, pode levar a uma dominação cultural pois traz consigo valores de avaliação e eficiência criados em outra sociedade. Se é verdade que a tecnologia tem um impacto na cultura, o oposto também ocorre. Os valores e necessidades das pessoas também têm um profundo impacto na tecnologia (Custer, 1995).

Na medida em que muda padrões, a tecnologia cria novas rotas de desenvolvimento. Portanto, trabalhar com tecnologia é trabalhar com algo dinâmico. O que hoje é ponta, pode ficar rapidamente obsoleto, exigindo novos procedimentos, conceitos e atitudes.

Vamos definir a tecnologia como um processo de desenvolvimento com fins de resolver problemas práticos enfrentados pelo homem e com um conhecimento estruturado, possibilitando um campo de pesquisa.

Ao elaborarmos tal definição estamos vislumbrando que o ensino da tecnologia não pode ser feito pela apresentação de seus aspectos mas propomos que o aluno execute uma pesquisa com fins de resolver um problema prático. Ao procurar resolver o problema, o aluno estará se aproximando da perspectiva da tecnologia como processo e não como produto. A esse respeito, comenta o PCN:

“(...) as tecnologias precisam encontrar espaço próprio no aprendizado escolar regular, de forma semelhante ao que aconteceu com as ciências, muitas décadas antes, devendo ser vistas também como processo, e não simplesmente como produto.” (PCN: 102).

2.2-Como ensinar a tecnologia?

Não sendo a tecnologia um conjunto de técnicas, ela não pode ser aprendida pela simples repetição rigorosa de procedimentos. Exige um conhecimento do porquê desses processos e procedimentos. Isso só é possível considerando o aluno na condição de sujeito e não através de paradigmas de ensino de tendência externa (ensino, treinamento, instrução). A aprendizagem autêntica significa esforço reconstrutivo pessoal (Demo, 1999: 37). É um desenvolvimento que permite ao aprendiz dar significado às coisas, interpretar, nomear, e identificar sua própria relação com elas (Moraes, 1999: 61). Nas palavras de Piaget:

“...compreender é inventar, ou reconstruir através da reinvenção, e será preciso curvar-se ante tais necessidades se o que se pretende, para o futuro, é moldar indivíduos capazes de produzir ou de criar, e não apenas de repetir” (Piaget apud Becker: 180).

Esse conhecimento deve ser construído de maneira a possibilitar uma reorganização de seus elementos. Essa reorganização cria novas possibilidades e idéias.

Criar novas possibilidades a partir de elementos já conhecidos é um quesito fundamental de um profissional que antecipa novas demandas. Também, essa reorganização de elementos permite a construção de modelos explicativos, possibilitando a compreensão de mudanças no conhecimento tecnológico.

Mas essa construção, além de aspectos técnicos, também necessita de outros elementos da cultura da sociedade em que se insere. A

compreensão dessa parte do conhecimento é importante pois a tecnologia é criada em virtude de demandas do homem. Demandas estas, construídas socialmente e historicamente.

Porém, para o desenvolvimento dessas habilidades não é suficiente apenas o fornecimento de informações ou o treino sistemático de certos procedimentos. Uma informação recebida nem sempre é significativa. Não há garantias que estabelecerá conexões de forma a poder ser organizada em conhecimento.

Custer (1995) classifica os processos tecnológicos usando uma estrutura com duas dimensões: seus objetivos (linha horizontal) e a complexidade do problema (linha vertical).

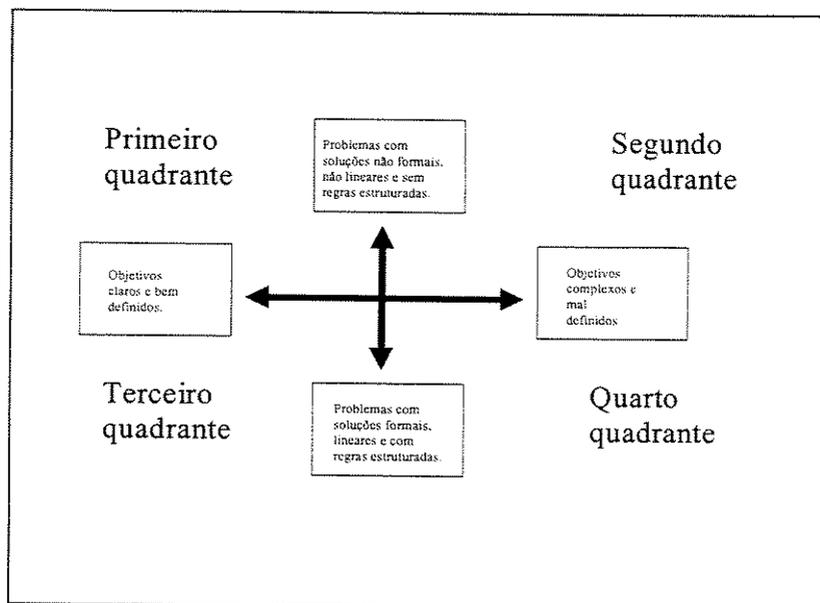


Fig. 1- Matriz de desenvolvimento tecnológico proposta por Custer.

Utilizando a matriz proposta por Custer podemos analisar os tipos de problemas presentes neste universo tecnológico, classificando-os de acordo com seus objetivos e complexidade, e utilizando a teoria da equilibração de

Piaget, podemos entender como pode ocorrer a evolução das idéias do sujeito de forma a resolver o problema tecnológico. Tal análise nos fornece subsídios teóricos para propor como trabalhar com o aluno com vistas a prepará-lo para enfrentar tais problemas.

Primeiro quadrante (quadrante do desenvolvimento)

Agrupa problemas complexos e sem regras estruturadas, mas com objetivos claros, que podem ser abordados com o desenvolvimentos de heurísticas (tentativa e erro).

Esse quadrante é comum no mundo tecnológico, devido ao seu dinamismo e às exigências do mercado que está sempre à procura de inovações que atendam a demandas conhecidas. Para tanto, exige um profissional que elabore hipóteses a respeito das relações presentes no problema e teste, verificando se tais relações são realmente pertinentes. Seja ainda capaz de sistematizar o conhecimento desenvolvido a fim de elaborar modelos, colocando o problema para os domínios do terceiro quadrante.

Para a formação desse perfil de profissional, necessita-se de atividades de ensino em que o aluno esteja diante de problemas que exijam investigação e desenvolvimento de heurísticas. Tais problemas devem ter a característica de desequilibrar cognitivamente o aluno, fazendo-o procurar aproximações sucessivas a fim de modelar a situação.

Utilizando a teoria da equilibração de Piaget (1977), poderíamos afirmar que se trata de perturbações de *feedback negativo*. Ou seja, ao tentar

uma assimilação esta não ocorrerá, por uma resistência do objeto, provocando um deslocamento do equilíbrio cognitivo (acomodação).

A ação no sentido de restabelecer o equilíbrio, chamada por Piaget de compensação, pode ser classificada em três formas:

Compensação do tipo α : O elemento perturbador pode provocar uma pequena alteração do equilíbrio, mas não o suficiente para eliminar a perturbação. Outra possibilidade é uma negação completa da perturbação, não havendo deslocamento do equilíbrio. A ação volta a se manifestar sem alteração. Em ambos os casos, o observável continuará sendo um elemento perturbador e, esse equilíbrio instável, o desequilíbrio pode voltar a se manifestar posteriormente.

A conduta do tipo α proporciona uma resposta com custo pequeno, porém com benefício ínfimo no sentido que a mesma perturbação pode voltar a se manifestar e provocar novamente o desequilíbrio.

Compensação do tipo β : O sistema responde procurando uma ação inversa que procure neutralizar a perturbação. Porém, como o aluno ainda criou as interdepências necessárias para prever as possibilidades, ele se aproxima do problema por um método de tentativa e erro.

Com o processo de assimilação/acomodação do objeto, ocorrem novas diferenciações nos esquemas e integrações deste com a totalidade. Uma perturbação será, posteriormente, assimilada e será parte dessa nova estrutura.

Percebe-se que o equilíbrio sofre um deslocamento maior que no caso anterior, porém a reversibilidade ainda é parcial. Ou seja, os novos esquemas de ação mantêm características anteriores conjuntamente com elementos novos, de forma a integrar a perturbação ao sistema. Ou seja, o aluno consegue obter a solução do problema, porém ainda não será capaz de sistematizar o conhecimento formando um conjunto coerente estruturado. É como se forma uma teoria *ad hoc*.

Compensação do tipo γ : Nessa fase, o processo de diferenciação e integração dos subsistemas permite novas reorganizações de seus elementos, propiciando resultados diversos possíveis. Com isso, as variações perdem seu caráter de perturbação, já que são previstas e dedutíveis, ainda que provoquem transformações no sistema. A reversibilidade é completa, própria de operações lógico-matemáticas ou causais bem aprimoradas. Ao contrário da fase anterior, na qual as possibilidades estavam presas ao objeto real, nessa fase a situação real passa a ser apenas uma possibilidade das variações possíveis entre os elementos.

Ao atingir essa forma de compensação, o conhecimento se torna estruturado possibilitando não só a compreensão das relações envolvidas na situação como ainda prever as conexões com outros elementos.

Ao abordar o problema podemos esperar tanto uma compensação do tipo α como do tipo β , muito raramente do tipo γ .

As compensações do tipo α são comuns e procuramos evitá-las pois não levam a um maior deslocamento cognitivo. Apesar de nunca podermos

garantir que tais compensações não ocorrerão, podemos procurar subsídios teóricos para criar situações em que ocorram com menor incidência.

Sendo a aprendizagem um esforço de reconstrução pessoal, não podemos esquecer que seu aspecto motivacional pode ser influenciado pela representação que o aluno faz de si mesmo, dos outros atores do processo educativo (colegas e professor) e do que se estuda. Assim, pode-se dificultar a aprendizagem ao se contribuir para um autoconceito negativo (quando o aluno não consegue atingir determinado objetivo proposto, por exemplo), quando não acredita na ajuda do professor ou dos colegas ou quando não vê sentido nas tarefas propostas (Solé, 1998: 39).

Começamos observando que para sentir interesse em determinado objetivo, deve-se saber o que se pretende e sentir que isso preenche alguma necessidade. Portanto, quando um aluno não entende o propósito de uma tarefa e não pode relacioná-la a uma maior compreensão do que implica a tarefa ou as suas próprias necessidades, muito dificilmente terá uma compreensão daquilo em profundidade. Nesse caso, o que sobra é realizar os requisitos das tarefas, conforme indicação do professor, de forma superficial para efeitos de avaliação (Solé, 1998: 35).

Outro ponto, é que a maneira como o cenário do ambiente de ensino é organizado pode interferir na atenção que o professor pode dar à dificuldade do aluno, individualmente ou em grupo, graduando a tarefa, oferecendo ajuda e realizando uma avaliação que contribua para o crescimento do aluno. Este quando sente que um autêntico esforço de aprendizagem alcança um resultado positivo, pode melhorar sua autoimagem e sua inserção na seqüência do processo de ensino.

As próprias avaliações podem contribuir para um estudo superficial quando exigem conteúdos de memorização que levem o aluno a uma preocupação maior em lembrar de determinada informação do que de uma compreensão mais profunda do conteúdo estudado (Solé, 1998: 37).

Uma estratégia de motivação é favorecer o trabalho em equipe. A troca entre iguais pode favorecer o diálogo, e o reconhecimento por parte do grupo uma motivação intrínseca. A interação social com diferença de argumentos aumenta a possibilidade de ocorrer aprendizagem.

O trabalho cooperativo pode ser fundamental para o desenvolvimento da autonomia. Entendemos autonomia não como isolamento ou independência aos estímulos externos, mas sim como um princípio funcional segundo o qual um estímulo externo pode ser ou não observado pelo sujeito, dependendo da sua estrutura assimiladora. As demandas autônomas são essenciais para produzir a real atividade intelectual capaz de produzir as transformações estruturais geradoras do novo equilíbrio ou a nova coerência (Ramos, 1999).

Conforme afirma Piaget (1977):

“O elemento quase material de medo que intervém no respeito unilateral desaparece então progressivamente em favor do medo totalmente moral de decair aos olhos do indivíduo respeitado: a necessidade de ser respeitado equilibra, por conseguinte, a de respeitar, e a reciprocidade que resulta desta nova relação basta para aniquilar qualquer elemento de coação. A ordem desaparece

para tornar-se acordo mútuo, e as regras livremente consentidas perdem o seu caráter de obrigação externa. Bem mais, sendo as regras submetidas às leis da reciprocidade, são estas mesmas leis racionais, em sua essência, que constituirão as verdadeiras normas morais. A razão torna-se, desde então, livre para construir seu plano de ação, na medida em que permanece racional, isto é, na medida em que sua coerência interna e externa está salvaguardada, na proporção em que o indivíduo consegue situar-se numa perspectiva tal que as outras perspectivas concordem com ela. Assim está conquistada a autonomia, além da anomia e da heteronomia” (Piaget, 1977: 334).

Portanto, para Piaget, ser autônomo significa poder construir, cooperativamente, um sistemas de regras morais e operatórias necessárias à manutenção das relações baseadas no respeito mútuo (Ramos, 1999: 214).

É importante ressaltar que um relacionamento de sujeitos autônomos resulta em que os argumentos possam ser invalidados quando entram em contradição com pressupostos aceitos ou com a experiência imediata. A aceitação passiva de uma orientação contraditória às coordenações que já foi capaz de construir sobre os observáveis anteriores, exige a negação e o recalçamento do sistema dedutivo. A falta de auto-estima leva ao medo do fracasso e freia a curiosidade, fundamental para o funcionamento dos processos cognitivos (Ramos, 1999: 215).

Também a admiração pode ter o mesmo efeito da coação, já que o sujeito não se liberta das opiniões do outro e acaba entendendo-as como imposições, mesmo quando estas firam a sua coerência interna (Ramos, 1999: 214).

O aprendizado cooperativo envolve o trabalho em grupo para a solução de alguma tarefa ou de algum problema, e deve promover o aprendizado individual através de um processo de colaboração no grupo (Ramos, 1999: 219).

Propomos que a interação social seja gerada em torno de uma situação problematizadora. Aqui entendemos como atividade problematizadora aquela que tenha significado para os alunos, desafie-os de forma a que expressem suas concepções e permita diversas abordagens. Essas abordagens devem ser discutidas em pequenos grupos e depois apresentadas para toda a sala, propiciando um debate no qual o professor atua apenas como coordenador (Wheatley, 1990).

O trabalho em grupo deve permitir tornar público o “como eu estou aprendendo” e como os outros membros do grupo estão aprendendo. Esta consciência pode promover o aprender a aprender. O esforço comunicativo exigido pelo trabalho em grupo estimula que estructuremos e organizemos melhor o que sabemos. Assim, o grupo precisa ser encorajado a falar e a tornar explícitas as suas estratégias de solução do problema (Ramos, 1999: 221).

Outro aspecto fundamental do trabalho cooperativo é que este pode promover motivações intrínsecas ao aprendizado. O prêmio pelo aprendizado vem do próprio aprendizado e do respeito agraciado no grupo. Para isso, o

professor deve possibilitar contextos abertos de trabalho para o grupo, minimizando o seu controle sobre o mesmo (Ramos, 1999: 223).

A participação do professor em todo o processo deve ser de um orientador, em alguns momentos de facilitador e em outros de provocador nas discussões. Os alunos não podem encontrar no professor a resposta devido à sua autoridade. Nesse sentido, o professor pode se parecer mais com um orientador de pesquisas do que com uma autoridade que fornece respostas (Perez, 1996).

Ao abordar o problema, o professor pode incentivar o aluno a ter uma postura científica, ou seja, que elabore hipóteses e crie experimentos de forma a testá-las. Na medida em que modelos explicativos forem sendo elaborados pelos alunos, eles podem ser aplicados a novas situações de forma a consolidá-los (Perez, 1996). Na medida em que o aluno forma novas concepções e amplia seu modelo explicativo, ele pode transformar a sua atividade anterior em novo objeto do conhecimento fazendo uma “abstração reflexiva”. Quando organiza suas ações em operações, cria entidades matemáticas (Wheatley, 1990).

Assim, podemos por uma estratégia de ensino adequada aumentar as possibilidades que os alunos cheguem a apresentar as formas γ de compensação para certos tipos de problemas. Neste caso, teria começado a abordar uma situação por uma estratégia de tentativa e erro e evoluiu ao ponto de estruturar o conhecimento de forma a prever novas possibilidades e conexões.

Por fim, é importante salientar que todo esse processo de aprendizagem deve ser desenvolvido dentro do compartilhamento de idéias

entre os alunos. A participação solidária em grupo pode ajudar a desenvolver uma consciência coletiva e melhorar a comunicação. Além disso, com o trabalho em grupo alguns alunos que permaneceram à margem do processo podem encontrar espaço para se engajar nas atividades motivado pelo trabalho dos colegas.

Segundo quadrante (quadrante das invenções)

Trata-se de problemas complexos e sem objetivos bem delimitados e que exigem procedimentos experimentais para serem modelados.

Neste caso, pela falta de objetivos bem definidos, trata-se de problemas que aparecem à medida que o conhecimento vai sendo sistematizado em um corpo estruturado. Neste caso, novas possibilidades se abrem além da realidade imediata e com elas novas situações problematizadoras. Tais situações podem vir a ser novos campos de pesquisa.

É interessante ressaltar como a interação entre sujeito e objeto leva a esse processo de formação do conhecimento em espiral, com os elementos se organizando em patamares superiores. À medida que o conhecimento vai sendo construído através das interações, Piaget (1996) associa a esta construção uma forma dialética, quando há o aparecimento de uma novidade, e uma forma discursiva, quando o sistema permanece em equilíbrio.

É necessário entender que a dialética para Piaget não se reduz ao processo em que opostos (tese e antítese) dão origem a uma nova síntese. Na verdade, afirma que já há dialética quando dois sistemas, até então

distintos e separados, mas não necessariamente opostos, fundem-se em uma totalidade nova, cujas propriedades os ultrapassam. O mais geral é a construção de interdependências não estabelecidas até então entre dois sistemas *A* e *B*, cuja reunião termina por considerá-los como subsistemas de uma nova totalidade *T*, cujas características de conjunto não pertencem nem a *A* e nem a *B*, antes de sua reunião.

Outra característica da dialética é que ela também pode existir no caso das interferências entre as partes de um mesmo objeto que o sujeito busca conhecer. Quando suas manifestações materiais ou mentais o aproximam desse objeto por abordagens sucessivas e progressivas e, para cada avanço, há um recuo parcial do objeto pelo fato de cada novo ato de conhecimento levantar novos problemas.

Toda nova interdependência gera superações quando, acrescidas as precedentes, leva a uma nova totalidade *T2* da qual a precedente *T1* se torna um subsistema.

As interdependências se constroem na forma de espirais, ou seja, a dinâmica dessas interações comporta necessariamente um aspecto de sucessão tal que todo progresso no sentido da construção proativa provoca remanejamentos retroativos que enriquecem as formas anteriores do sistema em questão.

E toda dialetização leva a relativizações pelo próprio fato de um caráter até então isolado, que, portanto, se parece com uma espécie de absoluto, ser posto em relação com outros pelo jogo das interdependências.

Todas essas cinco características podem ser resumidas numa sexta: a dialética constitui o aspecto inferencial de toda equilibração.

É importante frisar que as formas das interdependências, esse aspecto inferencial das equilibrações, comporta um modo particular de ligações: “a implicação entre ações ou entre operações”. Esta se diferencia da implicação entre enunciados $p \rightarrow q$, pois esta consiste apenas em um processo discursivo, limitando-se a separar o que já estava contido nos termos ligados. Já toda superação dialética supõe um processo transformacional que só pode ser sustentado por construções operatórias ou pré-operatórias. Como nenhuma ação ou operação existe em estado isolado, daí as implicações que a ligam a outras e sem que isso exija a pré-formação dessas ligações no espírito do sujeito.

O motor comum dessas interdependências deve ser procurado nas relações, cada vez mais estreitas, entre o possível e o necessário. Essa relação parece ser devida à seguinte espiral, que é talvez a expressão mais geral de toda a dialética: Partindo de um conhecimento adquirido R que pode ser dito real, sua própria formação acarreta a de vários novos possíveis P . Entre alguns destes, constituem-se certas relações necessárias N que englobam, então, o objeto de partida R , sobre uma forma mais rica $R2$ que contém R ao mesmo tempo que o ultrapassa. Desses $R2$ resultam, a seguir, novos possíveis $P2$, donde certas necessidades levarão a um $R3$, ultrapassando, por sua vez, $R2$. E esse processo pode continuar indefinidamente.

A forma mais elementar desse jogo das interdependências encontra-se nas relações do sujeito com o objeto. A cada progresso que aproxima o sujeito do objeto, este último recua para uma distância que, ao mesmo tempo que diminui em valor absoluto, nunca se anula e reduz os modelos

sucessivos do sujeito às classes das aproximações que não podem, apesar de suas melhorias, atingir o limite constituído pelo objeto e suas propriedades desconhecidas.

Assim a relação sujeito x objeto, longe de impor-se sob forma direta e simples, comporta duas construções de sentidos normalmente contrários. A primeira é uma reconstituição mais ou menos bem sucedida em seus esforços de coerência interna das propriedades sucessivamente descobertas no objeto, que se trata de reunir em um todo, tornando-as solidárias. Mas esse procedimento em direção à exteriorização é indissociável de um processo de interiorização, que consiste em elaborar as formas lógico-matemáticas de ações ou operações indispensáveis às assimilações em jogo.

Há assim, três movimentos dialéticos a serem considerados:

1- A colocação em interdependências das formas necessárias às assimilações.

2- Colocação em interdependência das propriedades atribuídas ao objeto.

3- A síntese dessa formas e desses conteúdos, adquirindo, então, a função de modelos.

Terceiro quadrante (quadrante dos algoritmos bem definidos)

Neste quadrante temos problemas de baixa complexidade e bem delimitados, cuja solução consiste na aplicação do respectivo algoritmo.

A repetição de procedimentos pode gerar uma melhora de desempenho para as situações incluídas neste grupo, mas não garante a

compreensão necessária que propicia novas conclusões. Ou seja, pela repetição estamos preparando o aluno para problemas do primeiro quadrante, enquanto a complexidade da sociedade atual, cada vez mais, o coloca diante de problemas dos outros três quadrantes. Para abordarem tais problemas, os alunos necessitam de uma aprendizagem que possibilite o desenvolvimento das habilidades necessárias. Esta aprendizagem está na ação do sujeito, e não no ensino baseado na repetição de algoritmos, que pode até, funcionar como seu opositor (Becker, 1999: 184).

Assim, os conteúdos devem servir para organizar ações variadas tais como as implicadas em projetos que envolvem metodologias investigativas, jamais com fim em si mesmas (Becker, 1999: 185).

Quarto quadrante (quadrante da inovação e design)

Classificamos problemas complexos mas com regras definidas, como trabalhos artísticos.

Trata-se de problemas que envolvem criações inovadoras porém mediante situações de contornos definidos. É o que ocorre no desenho das formas de um carro, por exemplo. A criação do *designer* é sem dúvida uma inovação, mas obedece a uma tendência estética verificada no público alvo para quem se quer vender esta mercadoria.

A abordagem para este tipo de problema envolve um estudo dessas tendências que definem as regras para as soluções, ao mesmo tempo que a criação provém de novas interdependências entre esquemas entre si e destes com a totalidade, criando um novo produto.

A análise dos quatro quadrantes nos remetem a uma reflexão de como ensinar.

Na medida em que assumimos que o processo de aprendizagem envolve a formação de esquemas e de relações entre os esquemas e destes com uma totalidade, devemos assumir que a aprendizagem de um novo conhecimento envolve um conhecimento anterior do aluno. Conforme afirma Coll (1990):

“quando o aluno enfrenta um novo conteúdo a ser aprendido, sempre o faz armado com uma série de conceitos, concepções, representações e conhecimentos adquiridos no decorrer de suas experiências anteriores, que utiliza como instrumentos de leitura e interpretação e que determinam em boa parte as informações que selecionará, como organizará e que tipo de relações estabelecerá entre elas”.

Consideramos aqui dois tipos de conhecimentos prévios: em primeiro lugar, as técnicas, habilidades, instrumentos e estratégias que tenha para enfrentar novas tarefas; e, também, conceitos pré-formados relacionados tanto com conhecimentos do conteúdo como conhecimentos que, de forma indireta ou direta, estão relacionados ou podem se relacionar com ele.

Esses conhecimentos prévios são as ferramentas de que o aluno dispõe para se relacionar com um novo conteúdo. Uma aprendizagem é tanto mais significativa quanto for a relação que o aluno puder estabelecer entre o que já conhece e o que lhe é apresentado (Miras, 1998: 61).

É necessário um maior respeito e entendimento do conhecimento que o aluno já leva para a sala de aula para procurar, num processo de negociação permanente, o desenvolvimento não apenas de conceitos, mas também de procedimentos e atitudes.

A aprendizagem não deve ocorrer apenas no espaço escolar, porém em vários momentos da vida do sujeito. Os esquemas se formam conforme a relação do aluno no ambiente familiar, com os colegas, ambientes que frequenta, meios de comunicação e em outros momentos do próprio sistema formal de ensino. O conhecimento prévio tem suas características conforme a quantidade, organização e coerência dos elementos que compõem cada um dos esquemas, relacionadas à validade e adequação desses esquemas à realidade, assim como a quantidade, organização e coerência do conjunto de esquemas de conhecimento que configuram sua visão de mundo (Miras, 1998: 66).

Pesquisas mostram que estas pré-concepções, geralmente, não são bem estruturadas e, em alguns casos, até contraditórias. Porém, também são muito resistentes a mudanças (Driver, Guesne e Tiberghien, 1992).

Por serem frutos da experiência vivida e imediata, se tornam distintas das teorias científicas, que por definição devem ser estruturadas, coerentes e com alto poder de generalização. Mais do que isso, podem tornar-se obstáculos à aprendizagem desses conhecimentos. Respostas boas ou ruins podem refletir as diferenças dos modelos individuais de cada aluno, sendo caracterizadas pelos seus conhecimentos prévios.

Se o processo de aprendizagem deve começar levantando aquilo que os alunos já sabem, devemos selecionar o que desejamos levantar dos

conhecimentos prévios dos alunos para dar continuidade ao processo de aprendizagem. O levantamento depende dos nossos objetivos e do conteúdo que pretendemos ensinar. Se nosso objetivo é abordar algum conceito ou princípio, podemos criar situações nas quais o aluno tenha que se manifestar mostrando seus conhecimentos. Mas se nosso objetivo é o desenvolvimento de algum procedimento, o modo mais direto é colocar tarefas que permitam observar a seqüência de ações dos alunos ao procedimento que decidimos explorar (Miras, 1998).

Na aprendizagem, todos os conhecimentos que o aluno possui podem ser importantes, mas nem todos participarão igualmente na atribuição de significado (Mauri, 1998: 98). Pode ser necessária uma modificação, uma ruptura de certas representações de forma a desenvolver um conhecimento mais amplo e estruturado, que chamamos de conhecimento científico.

Para provocar aquilo que Bachelard (1996) chamou de ruptura epistemológica é necessário uma mudança conceitual. Na teoria piagetiana isso significa provocar uma perturbação que desequilibre cognitivamente o sujeito, através de uma não-correspondência entre as afirmações e negações. A busca pelo reequilíbrio ocorre por uma regulação com retroalimentações positivas e negativas e provoca uma mudança, ainda que local, na estrutura cognitiva. O desequilíbrio cognitivo é uma das fontes de desenvolvimento dos conhecimentos e proporciona ao sujeito a possibilidade de ultrapassar seu estado atual (Piaget, 1977).

No campo construtivista, o meio de provocar essa mudança, ou em termos gerais, aprendizagem, é chamado de conflito cognitivo.

Para provocar o conflito cognitivo pode-se fornecer elementos que não estão sendo considerados pelo sujeito, de modo que tenham a função de perturbação exógena. Os elementos necessários para se tentar provocar o conflito cognitivo podem ser achados através de um levantamento das concepções espontâneas dos alunos. Uma análise deste conhecimento inicial pode fornecer uma base mais objetiva para diagnosticar e guiar as atividades para um processo de aprendizagem.

O desequilíbrio pode chegar a desencadear-se porque as idéias dos alunos estão em conflito devido a uma contradição interna entre seus esquemas de conhecimento, ou porque surge algo novo que torna difícil sua manutenção sem mudanças. O desequilíbrio pode ser provocado por experiências ou objetos, mas também na interação com colegas na tentativa de coordenar as próprias idéias num contexto de diferentes pontos de vista. Mesmo que o conflito não conduza a um avanço na reorganização do próprio conhecimento, pode desempenhar a função de fazer os alunos refletirem sobre suas próprias concepções, tornando-as explícitas (Mauri, 1998: 100). A tentativa de formular verbalmente a própria representação para comunicá-la aos demais obriga a reconsiderar e reavaliar aquilo que se pretende transmitir (Onrubia, 1998: 146).

Porém, nem toda perturbação gera mudança. Em semelhança com o que ocorre também na Ciência, pode haver uma resistência à mudança. Khun (1987) mostra que na Ciência existe uma resistência a romper com o paradigma vigente.

A possibilidade de uma situação gerar conflito está associada à possibilidade de se atribuir a ela, significado (Wheatley, 1990). Ou seja, se

aquilo que constitui um conflito para suas idéias não está distante demais daquilo que conhece, de modo que não possa ser relacionado de forma alguma com elas e não tenha nenhum significado, ou perto demais para suas colocações iniciais, e não representa nenhum desafio (Mauri, 1998: 100).

O fato de ser ou não um desafio abordável dependerá do ponto de partida do aluno e daquilo que o processo de aprendizagem possa trazer, mas também da qualidade e da quantidade de apoios e instrumentos de ajuda que ele receber. Com esse apoio, espera-se que o aluno possa ir além daquilo que iria individualmente e possa, progressivamente, ser retirado de modo que as modificações nos esquemas do aluno sejam suficientemente profundas para que possa enfrentar situações similares sozinho e até aplicá-las em outro contexto (Onrubia, 1998: 126).

Para o apoio adequado ao aluno iremos fazer algumas considerações (Onrubia, 1998):

1. É interessante que o aluno possa vislumbrar numa tarefa a sua relação com um contexto mais amplo em que se insere, com um objetivo final claro e explícito desde o princípio.

2. As próprias atividades devem possibilitar a participação de todos, cada qual possa trazer efetivamente aquilo de que é capaz e na qual o participante menos competente possa ir testando e modificando sua capacidade de resolver determinadas tarefas.

3. As atividades devem desenvolver-se num clima de relacionamento afetivo e emocional baseado na confiança, na segurança e na aceitação mútuas.

4. A todo momento deve haver instrumentos de acompanhamento das dificuldades enfrentadas pelos alunos, de forma a promover ajustes quando necessário.

5. Criar espaços para que os alunos atuem de maneira independente utilizando aquilo que aprenderam, seja os conhecimentos conceituais, ou as estratégias que lhes permitam continuar aprendendo de maneira autônoma.

6. Estabelecer relações constantes entre os novos conteúdos que são objeto da aprendizagem e os conhecimentos prévios dos alunos.

7. Utilizar a linguagem para recontextualizar e reconceitualizar a experiência.

Como uma síntese de uma metodologia, que ao nosso ver é adequada, Wheatley (1991) propõe uma estratégia de ensino:

1. Tarefas que devem ser resolvidas com diferentes estratégias, mas enfocando o centro do conceito, que deve ser acessível ao aluno e incentivá-lo à discussão. É preciso encorajá-los a usarem seus próprios métodos, promover discussões e trocas, fomentar o trabalho em grupo, ser instigador e mostrar outras aplicações.

2. Criar grupos cooperativos, fazendo com que os alunos trabalhem em pequenos grupos para buscar soluções conjuntas e criar um clima de constantes desafios internamente aos grupos ou no grupo classe.

3. Compartilhar as idéias, permitir que os alunos troquem com a classe os seus métodos, as suas sínteses e suas conclusões, sem que o professor faça julgamentos, mas buscando um clima de negociação no sentido de um consenso.

Se defendemos que o trabalho cooperativo e a autonomia são elementos fundamentais a serem perseguidos na aprendizagem, o processo de avaliação deve estar coerentes com estes pressupostos. A forma como fazemos a avaliação do processo educacional espelha a concepção educacional que subjaz a nossa prática, já que os estudantes em geral escolhem como e o que vão aprender com base na forma como serão avaliados. Se a avaliação consistir apenas em exercícios, para constatar o grau de assimilação de algum conhecimento, este será para os alunos o verdadeiro objetivo da aprendizagem (Barros Filho, 1999: 21).

Assumimos que a avaliação deve ir muito além do medir, do verificar, do classificar, precisa oferecer muito mais do que um índice quantitativo, para que a nota não seja equivalente a transações comerciais e negociada de forma bancária (Barros Filho, 1999). Conforme afirma o PCN (1999), a avaliação fica muito pobre quando se constitui apenas em cobrança da repetição do que foi ensinado, pois deveriam apresentar situações em que os alunos possam utilizar o conhecimento, valores e habilidades que desenvolveram (PCN, 1999: 103).

Deve permitir entender o que e como se aprendeu, promovendo a tomada de consciência sobre como e por que os alunos fazem o que fazem e não simplesmente ao controle da conduta e das atitudes dos estudantes.

Deve servir para acompanhar o desenvolvimento dos alunos, permitindo fazer mudanças, ajustes e correções na ação pedagógica, verificando se determinada atividade teve o resultado esperado e se determinado objetivo foi alcançado, propiciando tomar decisões novas e agir sobre a realidade segundo as alterações necessárias (Barros Filho, 1999: 49).

Portanto, a avaliação deve ser um processo dinâmico de reflexão sobre o que fazemos. Nesse sentido, o processo de avaliação e o processo de aprendizagem são entendidos como um só. E uma prática avaliativa que está a serviço do aprendizado deve tratar o erro do aluno como um momento privilegiado de reflexão e de investigação (Ramos, 1999: 227). Nas palavras de Piaget (Piaget apud Barros Filho, 1999):

“(...) o único exame sério, seria aquele em que o candidato, com seus livros e documentos, realiza um trabalho que prorroga o que já sabia. Ou seja, que passe a fazer parte do seu trabalho cotidiano.” (Piaget apud Barros Filho: 37).

Para isso é necessário a valorização do “erro” como necessário para a construção do conhecimento. Conforme afirmam Silva e Barros Filho (Barros Filho, 1999)

“o erro somente é importante enquanto elemento para o professor articular o processo de ensino, promovendo a busca de sua superação.” (Barros Filho: 50)

Ramos (1999: 227) define alguns pressupostos para o processo avaliativo:

- Diversificar os instrumentos de avaliação utilizados.
- Descentralizar os momentos de avaliação.
- Adequar a forma de avaliação ao tipo de habilidade ou competência que se queira avaliar.
 - Explicitar junto aos alunos os critérios de avaliação utilizados num processo de construção conjunta.
 - Realizar processos de avaliação e recuperação paralelos efetivos a partir de contratos de recuperação específicos para cada tarefa avaliativa.

Então, ao entendermos a tecnologia como um processo e a aprendizagem como uma construção interna, o ensino da tecnologia pode ser feito como uma atividade investigativa motivada por problemas práticos, feita pelos alunos em grupos cooperativos e tendo o professor como coordenador.

A próxima etapa consiste, portanto, na elaboração das atividades de ensino.

2.3-Estruturando as atividades de ensino

Antes de definir como será o ensino, procuramos definir o que gostaríamos que os alunos aprendessem. Tratando-se do tema deste trabalho, nosso objetivo central é melhorar as concepções dos alunos de como resolver um problema tecnológico. Seguimos a sugestão de Zabala (1998) de converter esse objetivo geral em conteúdos a serem desenvolvidos. Zabala (1998) sugere que a proposta de Coll de organizar o conteúdo respondendo a três perguntas (Coll apud Zabala, 1998 : 31) : “o que se deve saber?”, “o que se deve saber fazer?” e “como se deve ser?”. As respostas para tais perguntas permitem organizar os conteúdos em conceituais, procedimentais, e atitudinais. Tal organização permite não só elaborar as atividades tendo em vista seu caráter de conjunto, como também permite identificar o objetivo de cada uma e seu instrumento de avaliação.

a) Conceitos e princípios

Entendemos que o conceito requer duas qualidades básicas: abstração e generalização. A abstração diferencia o elemento de outros elementos enquanto a generalização permite que a propriedade seja atribuída outros elementos, então, classificados da mesma forma (Coll, 1992).

Como princípio, entendemos uma regra ou lei, que permite estabelecer relações entre conceitos. Como a lei da gravidade ou o teorema de Pitágoras, por exemplo. Assim, aprender um princípio significa adquirir um conjunto de habilidades tais como identificar, reconhecer, classificar, descrever e

comparar as relações entre os conceitos a que se refere o princípio (Coll, 1992).

b) Procedimentos

Coll (1992), define um procedimento como sendo um conjunto de ações ordenadas e orientadas para se atingir uma meta. Portanto, quem aprende um procedimento é capaz de utilizá-lo em diversas situações e de diferentes maneiras com o intuito de resolver os problemas propostos.

c) Valores e atitudes

Coll (1992), afirma que um valor é um princípio normativo que regula as ações das pessoas. Portanto, aprender um valor significa que se é capaz de regular o próprio comportamento de acordo com o valor em questão.

Já as atitudes traduzem, no comportamento, o maior ou menor respeito a um valor.

O problema que vamos investigar neste trabalho envolve uma maior parte de conteúdos procedimentais, por se tratar da resolução de um problema tecnológico. Apesar disso, podemos identificar conteúdos conceituais e atitudinais, pois tais conteúdos apesar de estarem compartimentalizados para a análise, na verdade estão inter-relacionados na prática.

Começaremos definindo os conteúdos procedimentais. Esperamos que ao ser colocado perante um problema tecnológico, o aluno realizasse alguns procedimentos que fazem parte da estratégia necessária à resolução destes problemas ou para compartilhar seu trabalho com o grupo. Listamos tais conteúdos:

1. Elaborar hipóteses sobre as variáveis relevantes e suas relações.
2. Elaborar um plano de teste destas hipóteses.
3. Construir um modelo teórico que explique os resultados obtidos.
4. Expressar seu raciocínio através de um texto escrito ou esquemas explicativos.
5. Expressar seu raciocínio através de apresentações orais.

Os procedimentos enumerados acima são todos de natureza cognitiva, ainda que a resolução do problema possa implicar procedimentos motores, como a montagem de algo. Mas tais procedimentos não serão avaliados para não fugir ao propósito deste trabalho.

Todos eles implicam muitas ações, portanto são complexos, e como podem apresentar-se diferentes em diferentes situações não implicam o desenvolvimento de algoritmos, mas sim de heurísticas. A aprendizagem delas implica realizar o procedimento, exercitá-lo, refletir sobre a atividade e aplicá-lo em contextos diferenciados (Zabala, 1998: 45).

Tratando-se de um problema tecnológico, o primeiro passo é selecionar um problema que seja desafiador e ao mesmo tempo esteja em um grau de complexidade que possa ser abordado pelos alunos. Esperamos,

assim, obter respostas que expressem os procedimentos que os alunos já conhecem e que imaginam que podem ser aplicados neste contexto.

Depois, ao colocar os alunos para discutirem em grupo e confrontarem suas idéias, é possível que outros caminhos se mostrem para o aluno com maior ou menor interesse. Ao decidirem qual a melhor proposta podem estar refletindo sobre os procedimentos, sua validade, simplicidade e até sua elegância.

Num momento posterior, os alunos serão convocados a apresentar suas soluções para a classe. Imaginamos, que neste momento podem aparecer críticas para as soluções apresentadas que podem levar até a uma mudança do caminho adotado. Em outros momentos, as críticas podem apenas atentar para aspectos não considerados anteriormente pelos alunos.

Por fim, os grupos devem construir o seu protótipo segundo o plano que escolheram e avaliarem os problemas que porventura encontrarão. É importante a avaliação pois supõe uma reflexão sobre os resultados que permitem uma nova tomada de decisão, as modificações necessárias para a correção do projeto inicial. Essas correções devem ser levadas em prática para que se chegue ao resultado pretendido e possibilitem que o grupo conclua quais os caminhos possíveis para a resolução do problema.

Assim, realizamos os seguintes passos para o desenvolvimento dos conteúdos procedimentais:

1. Apresentação do problema para os alunos que deverão solucioná-lo individualmente.

2. Os alunos devem se organizar em pequenos grupos de forma a discutirem suas soluções e chegarem à um acordo do plano a ser seguido pelo grupo.

3. Os grupos devem apresentar seus planos ao resto da classe e depois decidir, com as críticas que podem ser apresentadas, sobre possíveis modificações.

4. Os grupos executam seus planos e avaliam se chegaram aos resultados pretendidos. Caso não, devem executar as modificações necessárias.

5. A classe apresenta as soluções e procura concluir quais as possibilidades para resolver o problema.

Para o desenvolvimento dos conteúdos procedimentais, alguns conteúdos atitudinais se fazem necessários. Não é possível que o aluno faça uma investigação caso não tenha uma atitude investigativa perante o problema. E tratando-se de um trabalho em grupo é preciso que saiba dialogar e trabalhar em grupo e respeitar as diferenças de opinião. Assim enumeramos três conteúdos atitudinais:

1. Ser investigativo perante um problema.
2. Trabalhar em grupo de forma solidária.
3. Respeitar as diferenças de opinião.

Dos três conteúdos expostos acima, o primeiro se refere a uma atitude. Entendemos por atitude uma predisposição estável para o aluno atuar de tal maneira. Os outros dois se referem a princípios, ou seja, idéias éticas que permitem às pessoas emitir juízo sobre sua conduta (Zabala, 1998: 46).

Pode-se dizer que ocorreu a aprendizagem de um valor quando este é interiorizado e serve como critério para a atuação e avaliação, e de uma atitude quando esta se apresenta de modo constante na atuação do aluno. Em ambos, a aprendizagem pode ser uma atividade reflexiva (Zabala, 1998: 47).

Para a aprendizagem dos conteúdos atitudinais dois fatores serão trabalhados: a reflexão a respeito das atitudes e valores propostos e a organização do trabalho que deve favorecer um ambiente de diálogo e respeito às opiniões divergentes. Esse conteúdos estarão sendo trabalhados e avaliados ao longo das atividades e não terão atividades específicas para o seu desenvolvimento.

Assim, as atividades serão configuradas a privilegiar o debate e decisões em grupo, de forma que o compartilhamento de idéias e respeito às opiniões sejam fundamentais para a execução das tarefas. Em todos os momentos os alunos devem estar recebendo retornos de seu trabalho de forma a corrigir possíveis problemas de percurso.

Além disso, os instrumentos de avaliação estarão atentos para as decisões dos alunos nos cinco passos apresentados acima, de forma a desenvolver uma atitude investigativa.

Os conteúdos conceituais dependem do problema que apresentaremos aos alunos. Como pretendemos elaborar atividades que possam ser aplicadas em diferentes níveis de ensino, e que, portanto, não impliquem um conhecimento específico de um determinado curso, escolhemos a montagem de um móvel com propulsão interna construído a

partir de materiais comprados em lojas populares (elásticos, ratoeiras, CDs, peças de lego etc).

A idéia do funcionamento de um móvel depende do conhecimento de alguns conceitos, como massa, força e peso, e alguns princípios ou leis, como as três leis de Newton, força de atrito e força elástica. Porém, o grau de domínio e uso desses conceitos ou leis depende dos objetivos do curso que se pretende e, para nosso objetivo, restringiremos a avaliação desses conceitos a sua aplicação qualitativa na construção e projeto dos móveis, sem entrar nas suas formulações matemáticas ou estudos mais rigorosos.

A aprendizagem de um conceito, princípio ou lei implica que o mesmo pode ser utilizado para a interpretação, compreensão ou exposição de um fenômeno ou situação (Zabala, 1998: 42).

Esperamos que os alunos ao proporem soluções para o problema, estas terão implícitas concepções de conceitos e princípios. Ao terem que explicitar suas soluções podem estar também explicitando suas concepções implícitas.

Assim, os alunos partem de concepções espontâneas que serão confrontadas com argumentos de um grupo . Há uma possibilidade que a troca entre os pares leve a um desequilíbrio cognitivo e uma melhora da concepção. Ainda existe um teste prático no qual a natureza pode não se apresentar como o previsto, apresentando resistências à assimilação e levando a uma reformulação dos conceitos. É importante que o grupo termine com uma síntese que crie um modelo teórico coerente e mais próximo dos conceitos científicos.

Para a elaboração das atividades e, posteriormente, para a sua avaliação estaremos observando as seguintes habilidades organizadas em uma quadro⁵:

Quadro 2: Conceitos, procedimentos e atitudes que serão avaliadas nas atividades de ensino.

| conceito/ Princípio | Habilidades que denotam um(a): | |
|---------------------------------|---|--|
| | Procedimento | atitude |
| Terceira lei de Newton. (C1) | Estruturar as próprias idéias usando a linguagem escrita (P1) | Buscar que os alunos aprendam a trabalhar em grupo de forma solidária (A1) |
| Segunda lei de Newton (C2) | Estruturar as próprias idéias usando a linguagem oral (P2) | Buscar com que os alunos consigam dialogar e respeitar as diferenças (A2) |
| Força de atrito (C3) | Elaborar hipóteses (P3) | Ter um posicionamento crítico e investigativo perante uma situação-problema (A3) |
| Força elástica (C4) | Construir modelos explicativos (P4) | |
| | Testar hipóteses (P5) | |
| | Elaborar um plano de trabalho (P6) | |

Concordamos com Becker (1999) quando define as condições necessárias para a aprendizagem (Becker, 1999: 186):

- a) Todo ensino deve partir do quadro atual do aluno.
- b) Deve incluir na metodologia a expressão do aluno.
- c) Deve considerar o erro como componente do processo de construção do conhecimento e da aprendizagem.

Assim, o professor não pode ignorar o quadro conceitual do aluno, pois através dele, o aluno poderá estabelecer os nexos necessários entre o seu

⁵ A organização em forma de quadro é sugerida por Barros Filho (1999).

saber, a sua estrutura, e o conhecimento que o professor tem por função ensinar (Becker, 1999: 186).

Procuramos uma interação de qualidade, ou seja, aquela em que o máximo de atividade do meio corresponde a um máximo de atividade do sujeito (ainda que nunca possamos garantir este último). Isto é, a um máximo de assimilação corresponde um máximo de acomodação. Para isso procuramos possibilitar situações que incentivem a participação ativa do sujeito, que age sobre objetos procurando uma assimilação (Becker, 1999: 187).

Procuramos em vários momentos, ao longo das atividades, que os alunos manifestassem suas concepções através de suas ações práticas e de suas falas ou escritos, seja com o professor ou com os colegas.

A partir das concepções manifestadas pelos alunos, procuramos tecer situações de modo a propiciar que eles procurassem, por aproximações sucessivas e não lineares, aperfeiçoar seus modelos.

O professor pode acompanhar o desempenho dos alunos através de variados instrumentos de avaliação (criados conforme as habilidades a serem observadas em cada atividade). O objetivo da avaliação não reside em um ajuizamento, mas sim de um *feedback* tanto para o professor quanto para o aluno sobre o andamento das atividades. Ou nas palavras de Becker (1999):

“Tentar impedir o erro seria obstruir o processo de sucessivas gêneses cognitivas” (Becker: 193)

O planejamento das atividades envolve duas atuações aparentemente contraditórias: deve haver uma seqüência bem estruturada de atividades que, ao mesmo tempo, permita estratégias para entender diferentes demandas

percebidas nos alunos. Isso implica que haja vários momentos de produção, fornecendo informações sobre o desempenho dos alunos, e que possamos organizar o trabalho em pequenos grupos, em grupos maiores ou individuais de forma que possamos atender a alguns alunos enquanto outros estão ocupados com suas tarefas (Zabala, 1998: 93).

Elaboramos a estrutura das atividades de ensino no formato de uma tabela (Silva e Barros Filho, 1997-a), onde abrimos vários campos que explicitam: quais os momentos e quais são as atividades que o professor irá propor; quais são os objetivos pedagógicos de cada atividade e quais serão os instrumentos de avaliação utilizados e em que momentos serão usados. No campo dos instrumentos de avaliação está um código de uma letra e um número que mostra quais habilidades estão sendo observadas e avaliadas.

Quadro 3: atividades de ensino de tecnologia.

| Atividade | Atividades/Ações pedagógicas | Objetivos | Instrumentos de Avaliação |
|-----------|---|--|---|
| 1. | O professor solicita que os alunos respondam a seguinte questão individualmente: <i>Usando os materiais disponíveis em nosso laboratório (bexiga, elástico, ratoeira, "sal de fruta Eno", ...). Explique como que você poderia construir um móvel com propulsão interna? Faça um plano (projeto) que permita a construção desta máquina.</i> | Tentativa de levantar as possíveis concepções dos alunos sobre o funcionamento de móveis. | Recolhe a produção dos alunos e observa a sua participação na atividade. (A3; P1; P3; P6, C1, C2, C3 ou C4) |
| 2. | O professor solicita que os alunos reúnem-se em pequenos grupos para discutirem as suas respostas e elaborarem o projeto do grupo. | Promover trocas de idéias entre os alunos buscando eventuais conflitos; Possibilitar que alunos que não tenham explicitado as suas concepções, por exemplo rejeitando o problema, ao tomarem contato com as opiniões de seus companheiros de grupo, possam pensar sobre o problema. | recolhe o projeto dos grupos e observa a participação dos alunos no grupo. (A1, A2, A3; P1; P3; P6, C1, C2, C3 ou C4) |
| 3. | O professor solicita que um representante de cada grupo apresente e explique para a classe o seu projeto. O professor coordena um debate entre os alunos | Possibilita que toda a classe se informe sobre o resultado do trabalho de cada grupo; Esta atividade permite que os sujeitos organizem internamente os seus pensamentos e os exponham de forma coerente e possível de ser compreendida; O debate entre os alunos pode possibilitar a ocorrência de conflitos cognitivos e que alguns alunos deixem de rejeitar o problema participando do debate. | Observação da exposição do grupo. Observação da participação dos alunos no debate com o grupo classe. (A1, A2, A3; P2; P3; P6, C1, C2, C3 ou C4) |
| 4. | Os alunos são solicitados a construir as suas máquinas. Depois de montadas, elas devem percorrer dois metros em linha reta. | Esta atividade pode vir a propiciar conflitos cognitivos, à medida que as hipóteses formuladas pelos estudantes podem não gerar o resultado esperado; As trocas entre os grupos e os resultados positivos que podem ser obtidos por alguns grupos podem vir a abrir novas linhas de investigação. | Observação do trabalho de cada grupo (A1; A2; A3, P5) |
| 5. | Cada grupo será solicitado a apresentar a sua máquina funcionando para a classe, explicando como e por que ela funciona (ou não funciona) e prepara um relatório escrito. | Acreditamos que esta explicitação pode possibilitar aos alunos reconstruírem as suas idéias sobre o funcionamento da máquina e as variáveis físicas e tecnológicas envolvidas. | Observação da exposição do grupo Observação da participação dos alunos no debate com o grupo classe. Recolhe o relatório escrito. (A1; A2; A3; P1; P2; P3; P4; C1, C2, C3 ou C4) |
| 6. | Os grupo fazem as modificações necessárias e voltam a testar os protótipos. | Testar as hipóteses dos grupos. | Observa o trabalho dos grupos. (P5) |

Agora que já elaboramos as atividades de ensino, devemos aplicá-las em sala de aula. Antes, porém, devemos escolher a metodologia utilizada para a observação e análise dos dados.

3-METODOLOGIA

Para que possamos colher dados necessários com vistas à análise do problema colocado, devemos nos preocupar com a metodologia que será utilizada.

Para realizar a investigação, as atividades serão ministradas numa sala do curso de técnico em mecânica, para trinta e sete alunos do quarto ano, na disciplina de máquinas térmicas. Esses alunos eram do último ano e, portanto, já haviam concluído todas as disciplinas científicas básicas do ensino médio e a maioria das disciplinas técnicas.

As atividades ocuparam um total de dez momentos de duas aulas consecutivas, totalizando vinte aulas. Essas aulas foram ministradas no espaço de um laboratório, facilitando o trabalho em grupo.

Como o assunto, a aprendizagem e ensino de tecnologia, não é restrito à essa modalidade de ensino, queremos que os resultados aqui obtidos também sirvam como contribuição a outras modalidades e níveis de ensino.

Portanto ao elaborar o tema para as atividades, evitamos pegar um assunto que fosse específico da área de mecânica e sobre o qual os alunos já tivessem estudado em disciplinas teóricas ou experimentais. Assim, escolhemos a montagem de um carrinho feito com materiais simples (comprados em lojas populares, conhecidas como de 1,99) que deveria percorrer um percurso de dois metros em linha reta. Acreditamos que tal atividade, por não ser específica de um curso técnico, poderia ser realizada em outra modalidade do ensino médio ou até no ensino fundamental.

Procuramos perseguir a evolução das idéias que os alunos apresentavam à medida que procuravam solucionar o problema colocado. Inicialmente, este deveria ser abordado individualmente e, posteriormente, seria discutido em grupos cada vez mais amplos, podendo haver modificações das idéias à medida que o aluno sofresse críticas ou sugestões dos colegas, e no fim, quando tivesse que aproximar seu modelo conceitual do que acontece de fato no funcionamento da natureza.

Para seguir as idéias que os alunos manifestavam, em cada um dos momentos acima, procuramos recolher trabalhos escritos e verificar as apresentações orais. Mas por supor que nestes momentos, o aluno poderia não estar expressando o que pensava mas aquilo que achava que deveria falar para o professor, procuramos acompanhar de perto o desenrolar do trabalho em grupo. Para isso, atuamos em dois, enquanto um professor (que já era professor desta disciplina tradicionalmente) procurava passar as instruções e coordenar os debates, procuramos nos aproximar dos grupos no sentido de discutir com eles os problemas. A todo momento, procurei deixar claro que não era responsável pela avaliação e, com o contato direto com o trabalho dos alunos pude comparar as minhas anotações com as apresentações orais ou escritas.

As observações feitas de como os alunos estavam resolvendo o problema apresentado, permitiram reorientar as atividades conforme percebíamos que o problema não estava claro ou não havia sido corretamente interpretado. Isso ocorreu, por exemplo, quando colocamos aos alunos que construíssem um carrinho que andasse. Pela colocação, qualquer tipo de movimento satisfaria as condições, de forma que, posteriormente

acrescentamos que deveria percorrer dois metros em linha reta. Assim, o definimos melhor e os alunos puderam compreender com mais precisão o objetivo do trabalho.

Acreditamos que o fato do pesquisador estar interagindo com os alunos, não comprometa o resultado da pesquisa; ao contrário, é um fator essencial para o tipo de estudo que estávamos empreendendo. Ou seja, nosso propósito não era testar uma hipótese de qual seria a resposta para uma dada questão, que envolveria estudar o comportamento do aluno sem nossa interferência. Aqui, procuramos observar como o aluno procurava se aproximar do problema em construções sucessivas, num ambiente de sala de aula, com trocas com o professor e seus colegas de sala. Tal conhecimento nos permitiu interferir no processo procurando coordenar o trabalho com vistas a que o aluno tivesse uma aprendizagem significativa do processo tecnológico. Aqui, o nosso trabalho se aproximou do trabalho de um professor, se distinguindo deste no momento da análise, pois para o professor não interessa análise minuciosa do processo mas os resultados deste,

De forma que este trabalho se aproxima de uma pesquisa-ação pois o pesquisador atuou no contexto da pesquisa procurando uma interação positiva. Conforme afirma Pereira (1999), a pesquisa-ação procura uma mudança no contexto concreto e estuda as condições e os resultados da experiência efetuada, preocupada com a mudança da situação e não só com sua interpretação. Afirma ainda que a pesquisa-ação se concebe de modo amplo e flexível, não se modelando *a priori*, mas se desenhando na relação

entre os elementos implicados nela de forma que as ações não se validam de forma independente para aplicá-las, mas se validam através da prática.

Com isso procuramos, com os resultados apresentados, contribuir para uma reflexão de como obter uma aprendizagem significativa da tecnologia num contexto de sala de aula.

Como nosso objetivo não era procurar testar uma hipótese mas estudar o percurso das idéias apresentadas pelos alunos nas sucessivas etapas para resolver o problema, acreditamos que na análise dos dados não caberia uma abordagem quantitativa mas sim qualitativa. Conforme afirmam Bogdan & Biklen (1994), no estudo qualitativo as hipóteses podem ser construídas durante o próprio estudo, não partindo de pressupostos de quais seriam estes problemas.

No entanto, a falta de "rigor" que a metodologia qualitativa pressupõe não se constitui em uma "camisa de força", muito pelo contrário, pode ser exatamente essa a grande vantagem do método, pois obtemos um conjunto de interpretações mais ricas, permitindo novas elaborações, novos problemas e novas possibilidades de aprofundamento.

Comparação interessante pode ser obtida em Morales e Moreno (1993), quando, após uma revisão bibliográfica de muitos trabalhos com enfoques qualitativo e quantitativo, apresentam uma síntese das diferenças mais marcantes encontradas nos dois tipos de linhas metodológicas. Assim, os trabalhos qualitativos são marcados pela: não-manipulação de variáveis; pelo uso de procedimentos não padronizados, tais como entrevistas não sistematizadas ou coleta de dados em uma realidade; pelo envolvimento do investigador na pesquisa; pela não-definição operacional de variáveis; pela

não-medição de variáveis ou pela medição em um grau mínimo; pelo não-controle de variáveis estranhas ou pelo controle mínimo e pela não-utilização de estatística.

Assim, procuramos recolher as respostas dadas pelos alunos nas etapas consecutivas das atividades: ao resolver a questão individualmente, depois a resposta dada pelo grupo, as decisões do grupo após a discussão de seus resultados com a sala de aula e após o ensaio tecnológico. Com essas respostas, pudemos construir um quadro mostrando a evolução das idéias apresentadas pelos alunos desde do primeiro projeto até a conclusão final.

A análise feita constituiu em verificar, nesse quadro, em que momentos os alunos se afastavam ou se aproximavam de uma resposta que resultasse num artefato que funcionasse, percebendo que as respostas dos alunos em certos momentos se aproximavam e em outros se afastavam da funcionalidade necessária para se resolver um problema tecnológico. Para investigar quais eram os fatores que, preponderantemente, contribuíam para essa aproximação da funcionalidade pretendida, agrupamos as respostas, em cada uma das etapas, e as classificamos em dois grupos:

1. Respostas idealistas: respostas que se afastam da funcionalidade, muitas vezes movidas pela criatividade em fazer algo mais complexo ou requintado.

2. Respostas realistas: aquelas em que o aluno procurou levar em consideração o contexto das condições de funcionamento e se aproximou das condições reais.

Ao classificar as respostas em cada um dos momentos, conseguimos estudar como as atividades puderam levar os alunos a resolver o problema tecnológico.

É importante ressaltar que a classificação proposta serviu para a análise pretendida, não se constituindo um critério absoluto. Boas idéias podem, aparentemente, se afastar da funcionalidade.

4-APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Atividade 1

A proposta, conforme descrita nos quadros, foi apresentada para os alunos. Logo a seguir, foi pedido que elaborassem o plano do protótipo de um móvel que poderia ser construído com os materiais que foram colocados na mesa em frente aos alunos. Para uma maior interação, houve um momento em que os alunos puderam ir até a mesa e mexer no material disponível, ainda que não fosse permitido que começassem a montagem. O material disponível era: Bexigas, sal de fruta, palitos de churrasco, palitos de dente, peças de lego, palitos de sorvete, CD's, seringas, saboneteiras de plástico, elásticos e rolhas.

É importante ressaltar que, para a grande maioria dos alunos a atividade foi intrinsecamente motivante, pôde-se constatar esse fato principalmente no momento em que mexeram com os materiais. Nesse momento, tivemos que ter o cuidado para que já não começassem a montagem antes do momento adequado para a nossa tomada dos dados.

Após interagirem com os materiais, os alunos voltaram aos lugares em que sentavam na sala e elaboraram o plano do protótipo. Como já era esperado, os alunos já trocavam idéias entre si, principalmente com os vizinhos mais próximos.

Os projetos apresentados estão classificados em quatro categorias, conforme seu sistema de sustentação (camada de ar entre a superfície e o móvel ou rodas) e seu sistema de propulsão:

Quadro 4: classificação das respostas apresentadas pelos alunos.

| Categorias | Descrição das características do artefato |
|-------------------|---|
| A | Artefatos que funcionam sem roda, usando a bexiga presa ortogonalmente ao CD para gerar uma camada de ar entre o CD e a superfície. |
| B | Artefatos com rodas que usam a propulsão do ar expelido por uma bexiga horizontal. |
| C | Artefatos com rodas tracionados por elásticos ou fios. |
| D | Artefatos em que um jato é direcionado sobre as rodas, que encontram-se presas pás, fazendo-as girarem. |

Nas tabelas a seguir detalhamos os projetos que apareceram em cada classificação e o número de alunos que as apresentaram.

Tabela 1: respostas da categoria A.

| Número de alunos | Proposta |
|-------------------------|---|
| 1 | Além do corpo do móvel com bexiga e CD, acoplou uma outra bexiga horizontalmente a um canudo de forma a criar a propulsão. |
| 1 | Este criou uma propulsão com dois dispositivos (um em cada lateral), com bexiga presa a uma rolha em cuja a outra extremidade havia uma agulha. |
| 2 | A propulsão consiste numa caixa plástica e furada horizontalmente ou uma seringa, dentro da qual encontra-se água com Eno. |
| 3 | Uma ou duas propulsões laterais feitas de bexigas presas em seringas. |
| 1 | Não propôs uma propulsão. |

Tabela 2: respostas da categoria B.

| Número de alunos | Proposta |
|------------------|--|
| 11 | o carrinho é feito de lego ou de palitos usando CD's como roda, a bexiga é presa ao corpo do carrinho horizontalmente. |
| 13 | O protótipo deste se destingue do anterior num erro conceitual. A bexiga é voltada para frente do carrinho na qual foi fixado um anteparo, esperando que o vento da bexiga ao bater no anteparo mova o carrinho. |

Tabela 3: respostas da categoria C.

| Número de alunos | Proposta |
|------------------|---|
| 5 | É projetado um desenho de forma a prender elásticos ligando as rodas ao corpo do carrinho, de forma que ao girar a roda traciona-se o elástico que ao ser solto girará as rodas. |
| 1 | O corpo do carrinho é feito de tal forma que uma roldana é colocada num nível acima das rodas. Por essa roldana passa um fio preso num pequeno peso, esse mesmo fio é enrolado nos eixos. Ao soltar o peso, o fio faria os eixos girarem. |
| 1 | Neste caso, o elástico não é preso as rodas, mas em uma hélice que fica na parte traseira do carrinho. Depois de tracionado e solto, o elástico movimentava a hélice, a propulsão move o carrinho. |

Tabela 4: respostas da categoria D.

| Número de alunos | Proposta |
|------------------|---|
| 2 | É feito um reservatório com água e Eno. O gás que sai da mistura é colocado sobre pás, que estão fixadas nos eixos. As pás giram, fazendo as rodas girarem. |

Atividade 2

Os alunos foram separados em grupos de três pessoas pela ordem da listagem de chamada. A escolha aleatória foi feita de forma a possibilitar um

maior conflito de idéias, já que na primeira etapa, os alunos já discutiam seus projetos com amigos e vizinhos de carteira.

Como cada grupo teria que escolher um projeto, muitas idéias não apareceram nesta segunda etapa. Os projetos propostos encontram-se nas tabelas abaixo:

Tabela 5: respostas da categoria A.

| Número de grupos | Proposta |
|-------------------------|--|
| 2 | O sistema é parecido com os descritos anteriormente no grupo "A", porém ao invés de uma outra bexiga para propulsão, a bexiga superior foi presa no CD por intermédio de uma seringa e, esta, tem um orifício lateral por onde espera-se que saia um jato que moverá o conjunto. |
| 1 | Não propôs propulsão. |
| 1 | Usa dois sistemas de propulsão, um para elevar verticalmente com uma bexiga e outro horizontal feito com hélices que se movem por elásticos tracionados. |

Tabela 6: respostas da categoria B.

| Número de grupos | Proposta |
|-------------------------|---|
| 1 | O carrinho é feito de lego ou de palitos usando CD's como roda, a bexiga é presa ao corpo do carrinho horizontalmente. |
| 1 | Uma propulsão com dois dispositivos (um em cada lateral), com a bexiga presa a uma rolha, a qual tem uma agulha em sua outra extremidade. |

Tabela 7: respostas da categoria C.

| Número de grupos | Proposta |
|-------------------------|--|
| 1 | Este projeto é novo e não fazia parte de nenhum dos esquemas anteriores dos membros do grupo. Neste novo modelo, um fio enrolado no eixo da roda traseira é preso no êmbolo de uma seringa que, quando puxado, faz a roda girar. |
| 3 | É projetado um desenho de forma a prender elásticos ligando as rodas ao corpo do carrinho, de forma que ao girar a roda traciona-se o elástico que ao ser solto girará as rodas. |

Tabela 8: respostas da categoria D.

| Número de grupos | Proposta |
|------------------|--|
| 1 | O sistema é o mesmo daqueles classificados no grupo "D" anteriormente, porém o sistema de geração de gases com Eno foi substituído por uma bexiga. |

Atividade 3

Nesta atividade, os grupos apresentaram seus projetos para o restante da sala. Os professores presentes apenas coordenaram o debate, não intervindo na qualidade das respostas.

Talvez pelo fato de a discussão sempre ser feita entre iguais, os alunos se sentiram à vontade para contestar e questionar o funcionamento e montagem mostrada pelos grupos. Algumas destas discussões levaram a modificações no projeto apresentado.

Atividade 4 e 5

Nesta atividade os grupos construíram seus protótipos, testaram e posteriormente elaboraram um relatório analisando os problemas de funcionamento dos carrinhos.

Grupo 1: A bexiga sobre o CD não se equilibrava, tombando para algum lado e prejudicando o equilíbrio do protótipo. Para resolver o problema, o grupo sugeriu um canudo dentro da bexiga de forma a não permitir que esta tombasse.

Grupo 2: Além da solução apresentada pelo grupo anterior, acrescentou outro canudo na saída horizontal de ar, assim com duas saídas orientadas para a mesma direção e sentido conseguiu maior dirigibilidade para o protótipo.

Grupo 3: Neste caso, os problemas encontrados não puderam ser resolvidos com os recursos disponíveis e o projeto teve que ser refeito. Os problemas apresentados foram:

1. Os componentes não se mostraram compatíveis com sua utilização. Um exemplo foi a rolha que não colou no CD e era muito frágil para se utilizar como mancal.

2. A força motora não foi capaz de movimentar o veículo. A rolha não pode suportar a hélice, e ela não se estabilizou no local.

3. Peso do conjunto foi muito para a bexiga criar um colchão de ar sob o CD.

Grupo 4: Problemas de dirigibilidade e de rendimento. Para solucionar o problema de dirigibilidade, o grupo sugeriu um melhor controle das bexigas horizontais, evitando uma maior vazão de um dos lados e a instalação de um lema para o conjunto. Já para solucionar o problema de rendimento foi sugerido um aumento da vazão da bexiga vertical, de forma a diminuir o atrito com a superfície.

Grupo 5: O grupo verificou dois problemas:

1. Vazão insuficiente para a propulsão do carrinho. Como solução foram eliminadas as rolhas do projeto, pois reduziam as vazões.

2. O protótipo estava sem dirigibilidade, pois utilizava duas bexigas, uma em cada lateral do carrinho, as quais tornavam o carrinho instável. Como solução foi utilizar apenas uma bexiga no centro do carrinho.

Grupo 6: Este grupo também verificou dois problemas:

1. A bexiga tocava o solo, diminuindo o rendimento e deixando o protótipo sem dirigibilidade. A solução foi acrescentar no projeto um suporte para a bexiga.

2. O eixo possuía um atrito exagerado com as rodas. Este problema foi solucionado colocando óleo lubrificante nos eixos.

Grupo 7: Três problemas foram constatados:

1. O peso do protótipo estava exagerado. Este problema foi solucionado trocando as bexigas convencionais por bexigas de tamanho menor.

2. A bexiga também se arrastava pelo solo, como em alguns grupos anteriores. Também, a solução foi criar um suporte para a bexiga.

3. O jato da bexiga não se direcionava diretamente para as pás das rodas conforme esperado.

Grupo 8: O carrinho apresentou um diâmetro insuficiente nas rodas nas quais ocorria a tração. O problema foi solucionado aumentando o diâmetro das rodas.

Grupo 9: O problema deste carrinho ocorreu no momento da montagem. As rodas não estavam paralelas, e estas não estavam ortogonais ao eixo. O problema foi resolvido fazendo o alinhamento.

Grupo 10: Esse grupo apresentou um problema de alinhamento semelhante ao encontrado pelo grupo anterior e também com o chassi que estava assimétrico. A solução foi consertar os erros de montagem.

Grupo 11: Dois problemas foram observados:

1. O atrito com as rodas era grande. Para diminuir o atrito foi usado óleo lubrificante.

2. O CD que servia como suporte para fixar a bexiga diminuía o rendimento do carrinho, devido à grande área frontal. O suporte teve que ser trocado por outra peça.

Tabelamos os problemas apresentados pelos grupos:

Tabela 9: Móveis sem rodas (*over craft*).

| Número de grupos | Problemas |
|-------------------------|---|
| 1 | Não havia equilíbrio das bexigas sobre o CD. |
| 3 | Problemas com a dirigibilidade dos jatos das bexigas. |
| 1 | Problemas no uso inadequado do material com a montagem. |
| 2 | O protótipo era muito pesado. |
| 1 | A vazão da bexiga era insuficiente. |

Tabela 10: Móveis com rodas.

| Número de grupos | Problemas |
|-------------------------|--|
| 2 | A bexiga usada na propulsão tocava o solo. |
| 2 | O atrito com o eixo era grande. |
| 1 | O peso do protótipo era grande. |
| 1 | A falta de direcionamento do jato da bexiga provocava problemas de dirigibilidade. |
| 1 | O diâmetro das rodas era insuficiente. |
| 2 | Falta de alinhamento das rodas. |
| 1 | Problemas com aerodinâmica. |

5-ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS ATIVIDADES DE 1 A 6

Para perseguir a evolução das idéias dos alunos desde o primeiro projeto até o resultado final, iremos traçar uma tabela mostrando as etapas dos projetos com a finalidade de facilitar a análise.

Quadro 5: respostas do grupo 1.

| Projetos individuais | Projeto do grupo | Modificações depois da apresentação para a classe | Problemas e modificações |
|--|---|--|--|
| <p>1. O carrinho é feito de lego ou de palitos usando CD's como roda, a bexiga é presa ao corpo do carrinho horizontalmente.</p> <p>2. Um <i>over craft</i> com duas propulsões laterais feitas de bexigas presas em seringas.</p> | <p>Um <i>over craft</i>, porém ao invés de uma outra bexiga para propulsão, a bexiga superior foi presa no CD por intermédio de uma seringa e, esta, tem um orifício lateral por onde espera-se que saia um jato que moverá o conjunto.</p> | <p>Não houve modificações na apresentação, apesar do questionamento dos colegas quanto ao funcionamento do sistema de propulsão.</p> | <p>A bexiga sobre o CD não se equilibrava, tombando para algum lado e prejudicando o equilíbrio do protótipo. Para resolver o problema, o grupo sugeriu um canudo dentro da bexiga de forma a não permitir que esta tombe.</p> |

Neste grupo algo interessante aconteceu, dois membros propunham um projeto mais próximo da realidade (carrinho com rodas e propulsão com bexigas) do que o segundo. Apesar disto o segundo prevaleceu, com uma modificação que tornou o projeto ainda mais idealista (propulsão por furo horizontal). O questionamento dos colegas da sala não foi suficiente para a modificação. Após o teste, as modificações conseguiram atingir o objetivo ainda que com pouca eficiência.

Quadro 6: respostas do grupo 2.

| Projetos individuais | Projeto do grupo | Modificações depois da apresentação para a classe | Problemas e modificações |
|---|--|--|--|
| <p>1. : A propulsão consiste numa caixa plástica e furada horizontalmente ou uma seringa, dentro da qual encontra-se água com "sal de fruta" Eno.</p> <p>2. O carrinho é feito de lego ou de palitos usando CD's como roda, a bexiga é presa ao corpo do carrinho horizontalmente.</p> <p>3. O protótipo deste se distingue do anterior num erro conceitual. A bexiga é voltada para a frente do carrinho na qual foi fixado um anteparo, esperando que o vento da bexiga ao bater no anteparo mova o carrinho.</p> | <p>O projeto funciona como no grupo anterior, porém possui uma bexiga para propulsão horizontal.</p> | <p>Modificaram o projeto elaborado na aula anterior, criando um tubo para vazão do gás que cuidaria da propulsão horizontal (idêntico ao apresentado pelo G-1). Sofreram o mesmo tipo de questionamento, porém argumentaram que o sistema funcionaria ao se regular a vazão vertical do gás.</p> | <p>A bexiga sobre o CD não se equilibrava, tombando para algum lado e prejudicando o equilíbrio do protótipo. Para resolver o problema, o grupo sugeriu um canudo dentro da bexiga de forma a não permitir que esta tombasse. Acrescentou outro canudo na saída horizontal de ar, assim com duas saídas orientadas para a mesma direção e sentido conseguiu maior dirigibilidade para o protótipo.</p> |

Neste grupo somente um projeto era de *over craft*, e apresentava uma grande ingenuidade tecnológica pois o sistema de propulsão era pesado demais e não poderia gerar a vazão necessária. O sistema de propulsão foi substituído por outro menos ingênuo, porém o projeto mais realista (2) não prosperou no grupo. Um dos projetos, que apresentava um equívoco conceitual (3) também não prosperou. Após a apresentação do grupo para a sala, as críticas levaram a acrescentar um sistema para melhorar a vazão horizontal que melhora este projeto em relação ao anterior. Apesar de

verificar os mesmos problemas que o grupo anterior após a montagem, as suas modificações possibilitaram resolver melhor os problemas de dirigibilidade e propulsão.

Quadro 7: respostas do grupo 3.

| Projetos individuais | Projeto do grupo | Modificações depois da apresentação para a classe | Problemas e modificações |
|--|---|---|---|
| <p>1. O carrinho é feito de lego ou de palitos usando CD's como roda, a bexiga é presa ao corpo do carrinho horizontalmente.</p> <p>2. O protótipo deste se distingue do anterior num erro conceitual. A bexiga é voltada para a frente do carrinho na qual foi fixado um anteparo, esperando que o vento da bexiga ao bater no anteparo mova o carrinho.</p> <p>3. Neste caso, o elástico não é preso às rodas, mas em uma hélice que fica na parte traseira do carrinho. Depois de tracionado e solto, o elástico movimentava a hélice, a propulsão move o carrinho.</p> | <p>Usa dois sistemas de propulsão, um para elevar verticalmente com uma bexiga e outro horizontal feito com hélices que se movem por elásticos tracionados.</p> | <p>Não houve modificações no projeto, apesar de descreverem em detalhes como montar o sistema de hélices usando os materiais propostos.</p> | <p>Neste caso, os problemas encontrados não puderam ser resolvidos com os recursos disponíveis e o projeto teve que ser refeito. Os problemas apresentados foram:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Os componentes não se mostraram compatíveis com sua utilização. Um exemplo foi a rolha que não colou no CD e era muito frágil para se utilizar como mancal. 2. A força motora não foi capaz de movimentar o veículo. A rolha não pode suportar a hélice, e ela não se estabilizou no local. 3. Peso do conjunto foi muito para a bexiga criar um colchão de ar sob o CD. |

Os projetos individuais foram mais realistas do que as modificações apresentadas pelo grupo à exceção do projeto (2), os outros dois eram realistas sendo o (3) mais difícil de ser executado devido à construção da hélice. Na discussão em grupo os projetos de rodas foram substituídos por *over craft* e ainda mantiveram um sistema de propulsão de hélice. O conjunto ficou mais complexo e incompatível com as condições de tempo e material impostos. O projeto se tornou tanto idealista que teve de ser abandonado e o grupo retornou para o projeto (1).

Quadro 8: respostas do grupo 4.

| Projetos individuais | Projeto do grupo | Modificações depois da apresentação para a classe | Problemas e modificações |
|--|--|---|---|
| <p>1. É um <i>over craft</i> em que a propulsão consiste numa caixa plástica e furada horizontalmente ou uma seringa, dentro da qual encontra-se água com “sal de fruta” Eno.</p> <p>2. O carrinho é feito de lego ou de palitos usando CD's como roda, a bexiga é presa ao corpo do carrinho horizontalmente</p> <p>3. Não propôs propulsão para o <i>over craft</i>.</p> | <p>A propulsão consiste numa caixa plástica e furada horizontalmente ou uma seringa, dentro da qual encontra-se água com “sal de fruta” Eno.</p> | <p>Acrescentaram no projeto uma bexiga para a propulsão horizontal e, na saída desta, um palito de sorvete vertical que serviria como leme. Com isso tentavam responder a questionamentos se o móvel giraria horizontalmente.</p> | <p>Problemas de dirigibilidade e de rendimento. Para solucionar o problema de dirigibilidade, o grupo sugeriu um melhor controle das bexigas horizontais, evitando uma maior vazão de um dos lados e a instalação de um leme para o conjunto. Já para solucionar o problema de rendimento foi sugerido um aumento da vazão da bexiga vertical, de forma a diminuir o atrito com a superfície.</p> |

Novamente, o projeto com rodas é substituído pelo *over craft*, com um sistema de propulsão completamente idealista pois não daria vazão suficiente

e com um peso muito grande. Porém, neste caso o projeto foi modificado na apresentação por uma propulsão com bexigas, que resolvia os problemas do peso e da vazão mas não o da dirigibilidade que só foi resolvido após a sua constatação.

Quadro 9: respostas do grupo 5.

| Projetos individuais | Projeto do grupo | Modificações depois da apresentação para a classe | Problemas e modificações |
|---|---|--|---|
| <p>1. Um <i>over craft</i> com uma propulsão com dois dispositivos (um em cada lateral), com bexiga presa a uma rolha em cuja outra extremidade havia uma agulha.</p> <p>2. O carrinho é feito de lego ou de palitos usando CD's como roda, a bexiga é presa ao corpo do carrinho horizontalmente</p> | <p>Um carrinho com rodas com uma propulsão com dois dispositivos (um em cada lateral), com bexiga presa a uma rolha em cuja outra extremidade havia uma agulha.</p> | <p>O grupo foi questionado quanto à vazão não ser suficiente para movimentar o móvel. Ponderou com a possibilidade de trocar a saída do gás por um orifício maior, feito na rolha.</p> | <p>O grupo verificou dois problemas:</p> <p>1. Vazão insuficiente para a propulsão do carrinho. Como solução foram eliminadas as rolhas do projeto, pois reduziavam as vazões.</p> <p>2. O protótipo estava sem dirigibilidade, pois utilizava duas bexigas, uma em cada lateral do carrinho, as quais tornavam o carrinho instável. Como solução foi utilizar apenas uma bexiga no centro do carrinho.</p> |

O caminho seguido pelo grupo foi diferente dos anteriores pois prevaleceu o carrinho com rodas, porém o sistema de propulsão continuava idealista, de novo os alunos optaram por uma solução requintada porém ingênua. Apesar disto, as modificações necessárias na última etapa foram

pequenas, o que mostra este projeto mais realista do que os demais anteriores.

Quadro 10: respostas do grupo 6.

| Projetos individuais | Projeto do grupo | Modificações depois da apresentação para a classe | Problemas e modificações |
|---|---|---|--|
| O carrinho é feito de lego ou de palitos usando CD's como roda, a bexiga é presa ao corpo do carrinho horizontalmente | Carrinho é feito de lego ou de palitos usando CD's como roda, a bexiga é presa ao corpo do carrinho horizontalmente | Sem modificações. | Este grupo também verificou dois problemas: 1. A bexiga tocava no solo, diminuindo o rendimento e deixando o protótipo sem dirigibilidade. A solução foi acrescentar no projeto um suporte para a bexiga. 2. eixo possuía um atrito exagerado com as rodas. Este problema foi solucionado colocando óleo lubrificante nos eixos. |

Como os três membros do grupo tinham o mesmo projeto, isto deve ter contribuído para que não houvesse modificações até a etapa final. Os problemas enfrentados foram pequenos e resolvidos com facilidade pois o projeto apresentou desde o começo aspectos bastante realistas.

Quadro 11: respostas do grupo 7.

| Projetos individuais | Projeto do grupo | Modificações depois da apresentação para a classe | Problemas e modificações |
|---|--|---|--|
| <p>1. É projetado um desenho de forma a prender elásticos ligando as rodas aos corpo do carrinho, de forma que ao girar a roda traciona-se o elástico que ao ser solto girará as rodas.</p> <p>2. É feito um reservatório com água e Eno. O gás que sai da mistura é colocado sobre pás, que estão fixadas nos eixos. As pás giram, fazendo as rodas girarem.</p> | <p>O sistema manteve-se de jato nas rodas, porém o sistema de geração de gases com Eno foi substituído por uma bexiga.</p> | <p>Não houve modificações.</p> | <p>Três problemas foram constatados:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O peso do protótipo estava exagerado. Este problema foi solucionado trocando as bexigas convencionais por bexigas de tamanho menor. 2. A bexiga também se arrastava pelo solo, como em alguns grupos anteriores. Também, a solução foi criar um suporte para a bexiga. 3. jato da bexiga não se direcionava diretamente para as pás das rodas conforme esperado. |

Os projetos iniciais mostravam-se compatíveis com os materiais e condições, porém o sistema mais simples de elástico foi superado pelo mais requintado das rodas movidas por jato. Os problemas enfrentados na última etapa foram decorrentes da complexidade do sistema escolhido, porém foram superados.

Quadro 12: respostas da grupo 8.

| Projetos individuais | Projeto do grupo | Modificações depois da apresentação para a classe | Problemas e modificações |
|---|--|---|---|
| <p>1. Um <i>over craft</i> com duas propulsões laterais feitas de bexigas presas em seringas.</p> <p>2. O carrinho é feito de lego ou de palitos usando CD's como roda, a bexiga é presa ao corpo do carrinho horizontalmente</p> <p>3. É projetado um desenho de forma a prender elásticos ligando as rodas aos corpo do carrinho, de forma que ao girar a roda traciona-se o elástico que ao ser solto girará as rodas.</p> | <p>É projetado um desenho de forma a prender elásticos ligando as rodas aos corpo do carrinho, de forma que ao girar a roda traciona-se o elástico que ao ser solto girará as rodas.</p> | <p>O grupo só foi questionado quanto à montagem do carrinho. Apesar disso não houve modificações.</p> | <p>O carrinho apresentou um diâmetro insuficiente nas rodas nas quais ocorria a tração. O problema foi solucionado aumentando o diâmetro das rodas.</p> |

Neste caso, os projetos individuais evoluíram para um projeto realista, já que a tração por elástico é comum em carrinhos de brinquedos, os problemas para a montagem foram pequenos e de fácil superação.

Quadro 13: respostas do grupo 9.

| Projetos individuais | Projeto do grupo | Modificações depois da apresentação para a classe | Problemas e modificações |
|---|--|---|--|
| <p>1. Um <i>over craft</i> com duas propulsões laterais feitas de bexigas presas em seringas.</p> <p>2. É projetado um desenho de forma a prender elásticos ligando as rodas aos corpo do carrinho, de forma que ao girar a roda traciona-se o elástico que ao ser solto girará as rodas.</p> | <p>É projetado um desenho de forma a prender elásticos ligando as rodas aos corpo do carrinho, de forma que ao girar a roda traciona-se o elástico que ao ser solto girará as rodas.</p> | <p>O grupo é questionado se o elástico seria suficiente para movimentar o carrinho e sobre a possibilidade das rodas feitas de CD derraparem. Apesar disto não houve modificações no projeto.</p> | <p>O problema deste carrinho ocorreu no momento da montagem. As rodas não estavam paralelas, e estas não estavam ortogonais ao eixo. O problema foi resolvido fazendo o alinhamento.</p> |

O projeto que sobreviveu à discussão do grupo foi o de elástico; contrariamente ao que aconteceu com outros grupos, a escolha parece mais realista e menos requintada. Mesmo na montagem, o problema de alinhamento foi de ajuste da montagem e não de falha no projeto.

Quadro 14: respostas do grupo 10.

| Projetos individuais | Projeto do grupo | Modificações depois da apresentação para a classe | Problemas e modificações |
|--|---|--|--|
| <p>1. Um <i>over craft</i> com corpo do móvel com bexiga e CD, acoplou uma outra bexiga horizontalmente à um canudo de forma a criar a propulsão.</p> <p>2. Projetou uma propulsão externa em duas fases. Na primeira, uma bexiga cheia é amarrada no bico e presa numa língua de sogra. Logo à frente é colocada uma ratoeira. O carrinho, feito de lego, é colocado entre a língua e sogra e a ratoeira. Ao desamarrar a bexiga, o ar expelido aciona a língua de sogra que empurra o carrinho. Quando este passa pela ratoeira, esta dispara empurrando mais o carrinho.</p> <p>3. Corpo do carrinho de rodas é feito de tal forma que uma roldana é colocada num nível acima das rodas. Por essa roldana passa um fio preso num pequeno peso, esse mesmo fio é enrolado nos eixos. Ao soltar o peso, o fio faria os eixos girarem.</p> | <p>Este projeto é novo e não fazia parte de nenhum dos esquemas anteriores dos membros do grupo. Neste novo modelo, um fio enrolado no eixo da roda traseira é preso no êmbolo de uma seringa que, quando puxado, faz a roda girar.</p> | <p>O grupo redimensionou o projeto inicial, aumentando o tamanho do corpo do carrinho.</p> | <p>Esse grupo apresentou um problema de alinhamento semelhante ao encontrado pelo grupo anterior e também com o chassi que estava assimétrico. A solução foi consertar os erros de montagem.</p> |

Ao que parece o novo desenho proposto pelo grupo foi uma evolução mais realista do projeto individual (3). Novamente, os problemas são de montagem e não de falha do projeto.

Quadro 15: respostas do grupo 11.

| Projetos individuais | Projeto do grupo | Modificações depois da apresentação para a classe | Problemas e modificações |
|---|--|--|--|
| <p>1. É projetado um desenho de forma a prender elásticos ligando as rodas ao corpo do carrinho, de forma que ao girar a roda traciona-se o elástico que ao ser solto girará as rodas.</p> <p>2. O protótipo deste apresenta um erro conceitual. A bexiga é voltada para a frente do carrinho na qual foi fixado um anteparo, esperando que o vento da bexiga, ao bater no anteparo, mova o carrinho.</p> <p>3. Construiu um carrinho com lego, ele será movido por um elástico preso em duas agulhas como um estilingue.</p> | <p>Construiu um carrinho com lego, ele será movido por um elástico preso em duas agulhas como um estilingue.</p> | <p>O projeto de propulsão externa não foi aceito pela classe como válido. Dessa forma, o grupo se propôs a refazer o projeto. O projeto refeito foi um carrinho cuja a propulsão era feita por uma bexiga.</p> | <p>Dois problemas foram observados:</p> <p>1. O atrito com as rodas era grande. Para diminuir o atrito foi usado óleo lubrificante.</p> <p>2. O CD que servia como suporte para fixar a bexiga diminuía o rendimento do carrinho, devido à grande área frontal. O suporte teve que ser trocado por outra peça.</p> |

O grupo optou pelo projeto mais simples, com propulsão externa, porém este não foi aceito pelo restante da sala já que os projetos deveriam ser de propulsão interna. O projeto de carrinho de roda com propulsão por uma bexiga era simples e eficiente apresentando problemas apenas de atrito

e de aerodinâmica, já que a bexiga horizontal era presa num CD preso verticalmente que aumentava muito a área frontal do carrinho.

Na atividade 1, os alunos eram livres para criar e percebemos que nesse momento foi mais marcante a criatividade de um inventor do que de um tecnólogo. Os alunos procuraram modelos complexos e com aparente grau de inovação, como aqueles que funcionavam como *over craft* ao invés de rodas ou com sistemas de propulsão usando hélices tracionadas por elásticos ao invés de tracionar o próprio eixo.

Tais modelos se distanciavam da possibilidade de funcionamento, e, nos casos que funcionariam, ainda o faziam com baixa eficiência ou funcionalidade. Porém, como ainda não havia o ensaio do contexto de funcionamento, essa ingenuidade tecnológica levava a modelos muito mais idealistas do que realistas.

Para visualizar o grau de idealismo presente nestes projetos iniciais, classificamos os projetos iniciais em idealistas (que não funcionariam como foram concebidos) e realistas (que poderiam funcionar, necessitando apenas de alguns ajustes). As classificações sobre a funcionalidade ou não dos modelos foi feita pela observação das atividades 4 e 5.

| Categorias | A | B | C | D |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|
| Idealistas | 8 | 13 | 2 | 2 |
| Realistas | 0 | 11 | 5 | 0 |

Assim percebemos vinte e cinco projetos que classificamos como idealistas e apenas dezesseis como realistas.

Por outro lado, apesar de alguns modelos serem substituídos por outros nas trocas internas dos grupos, ou alguns erros terem sido identificados nas apresentações dos grupos para a classe, erros tecnológicos prosseguiram desde das primeiras concepções até a montagem.

Realizamos a mesma classificação com o resultado apresentado pelos grupos na tabela abaixo:

Tabela 9: classificação das respostas dos grupos.

| Categorias | A | B | C | D |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|
| Idealistas | 4 | 1 | 0 | 0 |
| Realistas | 0 | 3 | 2 | 1 |

Pelos resultados mostrados, seis dos onze grupos tornaram seus projetos mais realistas após a discussão em grupo. Apesar de mostrar uma tendência de inversão na nossa classificação, é necessário levar em consideração que a margem de superioridade dos projetos realistas em relação aos idealistas é muito pequena. O que podemos observar é que a discussão em grupo foi importante no sentido de aproximar os projetos do seu contexto de funcionalidade, porém muitos projetos idealistas sobreviveram a essa etapa. E não se trata apenas daqueles grupos em que os integrantes já mostravam tais projetos. Como podemos visualizar nas tabelas que mostram a trajetória das idéias dos alunos, projetos realistas foram substituídos por outros mais idealistas.

Se retornarmos novamente à tabela que mostra a trajetória das idéias dos alunos, notaremos que, em todos os grupos, as sugestões feitas pela classe após as exposições feitas pelo grupo para toda a sala sempre

aproximaram os projetos de serem mais realistas. As discussões com o grupo maior caminharam sempre para tornar os projetos mais realistas devido ao questionamento constante dos colegas de sala. Porém, apenas quatro dos onze grupos fizeram modificações nos seus projetos após as apresentações.

Quando os alunos montaram seus projetos e realizaram os testes, as falhas tecnológicas tornaram-se explícitas.

Os grupos que optaram pelo sistema *over craft* tiveram problemas de: vazão insuficiente da bexiga, peso excessivo do conjunto, equilíbrio, dirigibilidade e materiais inadequados para o projeto pretendido. Apesar das modificações sugeridas pelos grupos para melhorarem os projetos, nenhum cumpriu plenamente com os objetivos.

Já os grupos que optaram por móveis com rodas tiveram melhor desempenho, conseguindo cumprir com os objetivos depois de algumas modificações como: construir um suporte para a bexiga que se arrastava pelo chão, diminuir o atrito dos eixos das rodas usando óleo lubrificante, aumentar o diâmetro das rodas e direcionar melhor o jato das bexigas. A exceção foi o carrinho cujo jato era direcionado para pás presas nos eixos que não cumpriu o percurso exigido.

Na conclusão final das atividades, a classe optou por três projetos:

1. Carrinho com rodas e propulsão usando bexigas.
2. Carrinho com rodas e propulsão feita por tração de elásticos.

3. Carrinho com rodas e tração feita por um fio enrolado no eixo dianteiro e preso numa seringa tampada, que depois de puxada retornava à posição inicial por força da atmosfera.

Assim, o ensaio tecnológico é que colocou os obstáculos para o funcionamento dos carrinhos e, a partir dele, foi que os alunos puderam chegar aos modelos mais realistas e realizar os ajustes necessários.

Ao entendermos a tecnologia como processo, percebemos que todas as etapas percorridas pelos alunos foram necessárias para a compreensão do desenvolvimento tecnológico. No momento da criação individual obtivemos uma riqueza de concepções e idéias para resolver o problema. À medida que as discussões avançavam em grupos cada vez mais amplos, os projetos se afinavam para idéias mais realistas e por fim, o ensaio tecnológico é que permitiu a conclusão dos projetos que funcionavam.

6-CONCLUSÃO

Neste trabalho pretendíamos elaborar atividades de ensino de forma a melhorar as concepções dos alunos sobre como resolver um problema tecnológico.

Acreditamos na pertinência do tema pois tem sido reconhecida a importância da introdução da educação tecnológica no ensino médio. No próprio PCN o tema tecnologia foi colocado junto com a matemática e as ciências da natureza. O PCN para ciências naturais, matemática e suas tecnologias lista algumas competências relativas à representação e comunicação, investigação e compreensão e contextualização sócio cultural, e destaca a importância do estudo da tecnologia no desenvolvimento das mesmas. Porém, não fica claro o que seria trabalhar a tecnologia em sala de aula para este fins, ficando inclusive confuso se o que se chama trabalhar a tecnologia se refere ao uso de artefatos tecnológicos, a descrição destes ou a utilização de atividades para resolver problemas tecnológicos.

Assim percebemos que a educação tecnológica pode assumir diversas formas e metodologias, dependendo daquilo que se entende por tecnologia e o que se pretende que o aluno aprenda dessa tecnologia.

Como pressuposto, assumimos a tecnologia como processo, e não como produto, que visava resolver um problema prático usando procedimentos e conhecimentos estruturados que formam um campo próprio do saber. Procuramos, assim, nos afastar da concepção de tecnologia como uma aplicação das ciências na criação de produtos tecnológicos presentes no cotidiano das pessoas. No nosso entender, tal concepção tem levado à pura

descrição de artefatos tecnológicos, com fins ilustrativos, nas aulas de ciências e não tem rompido com a idéia de um ensino conteudista de aulas expositivas e exercícios fechados.

Como objetivo, pretendemos contribuir para o desenvolvimento de competências que estão presentes no processo tecnológico. Tais competências não se restringem, em importância, à formação de profissionais da tecnologia mas de cidadãos autônomos e críticos. Entendemos que a autonomia significa poder construir, cooperativamente, um sistema de regras morais e operatórias (Piaget *apud* Ramos, 1999: 214), enquanto que a crítica envolve além da análise um julgamento de valor, ressaltando as dimensões positivas e negativas. O desenvolvimento de ambas envolve atividades operatórias, ou seja, o exercício das operações formais.

Assim, acreditamos contribuir para o ensino tecnológico propondo atividades e mostrando os resultados de sua aplicação, não para apresentar uma receita de ensino tecnológico, mas fornecendo elementos para a reflexão dessa prática em sala de aula.

Começamos as atividades colocando os alunos frente a um problema aberto, prático e com objetivos bem definidos. Um problema localizado no primeiro quadrante da matriz de desenvolvimento de Custer (1995).

Conforme já esperávamos, os alunos apresentaram soluções já no primeiro momento, pois já traziam concepções sobre o funcionamento de um pequeno móvel. Tal conhecimento, que provavelmente provinha da sua vivência com artefatos tecnológicos similares, permitiu a construção de saídas para o problema que apresentaram diversos níveis de funcionalidade. Imaginamos que tais diferenças de aproximação da funcionalidade do projeto

se deva a uma vivência mais próxima deste tipo de artefato por alguns alunos, e outros, com maior ingenuidade tecnológica criaram soluções mais idealistas. O que determinava o grau de ingenuidade das respostas era o desconhecimento de algumas relações como o atrito nos eixos, a necessidade de uma força de sustentação que equilibre o peso, a presença da resistência do ar, mas também de alguns problemas procedimentais como a montagem de certos dispositivos. Nosso propósito é que as atividades melhorem estas concepções.

Assim, classificamos vinte e cinco projetos como idealistas e apenas dezesseis como realistas. Apesar de o número de idealistas superarem o de realistas, imaginamos que essa diferença seja maior em outras modalidades de ensino, já que o curso técnico de mecânica pode reunir alunos com maior proximidade a este tipo de problema.

Ao elaborar a seqüência das atividades, não achamos adequado expor os alunos logo ao teste da montagem, pois os obstáculos poderiam não favorecer uma melhora das concepções e sim uma desmotivação da atividade. Em vez disso, os alunos discutiram suas formulações em grupo. Esperávamos que as trocas de opinião possibilitassem algum conflito nas concepções individuais e levassem a uma maior reflexão. Percebemos que a maior parte dos projetos que sobreviveram a essa etapa se tornaram mais realistas, ainda que alguns seguissem a trajetória oposta. Pelos resultados mostrados, seis dos onze grupos tornaram seus projetos mais realistas após a discussão em grupo. Acreditamos que no trabalho de grupo, a necessidade de explicar os questionamentos dos seus pares pode ter provocado lacunas nas concepções apresentadas pelos alunos. Tais perturbações, chamadas

por Piaget (1977) de perturbação de *feedback* negativo, podem ter levado a desequilíbrios cognitivos e a compensações. O trabalho em grupo também pode ter funcionado como fator de motivação, pois não registramos um abandono do problema ao longo das atividades.

Mesmo assim, estes teriam que passar pela apresentação para a sala na qual os alunos questionaram a funcionalidade dos projetos. As sugestões feitas pela classe, após as exposições feitas pelo grupo para toda a sala, sempre aproximaram os projetos de serem mais realistas. As discussões com o grupo maior caminharam sempre para tornar os projetos mais realistas devido ao questionamento constante dos colegas de sala. Porém, apenas quatro grupos dos onze fizeram modificações nos seus projetos após as apresentações.

A prova final dos projetos foi o ensaio tecnológico, e os alunos perceberam que seus modelos não estavam de acordo com a realidade, levando-os a reflexões a respeito dos ajustes necessários. No ensaio tecnológico, os alunos puderam testar seus modelos teóricos e, em muitos casos, a realidade mostrou resistência a uma assimilação. Ou seja, o comportamento inesperado pode ter provocado novos desequilíbrios. Os relatórios apresentados pelos alunos sobre uma análise dos problemas, e os testes posteriores mostraram que a reflexão gerada levou a uma tomada de consciência das relações envolvendo conceitos e procedimentos que não estavam sendo consideradas. Tal superação pode ter implicado na construção de um modelo teórico mais realista a respeito da tecnologia.

A melhora das concepções dos alunos a respeito do problema tecnológico pôde ser observada quando a classe concluiu quais os projetos que melhor respondiam ao problema proposto com grande grau de realismo:

1. Carrinho com rodas e propulsão usando bexigas.
2. Carrinho com rodas e propulsão feita por tração de elásticos.
3. Carrinho com rodas e tração feita por um fio enrolado no eixo dianteiro e preso numa seringa tampada, que depois de puxada retornava à posição inicial por força da atmosfera.

Os três projetos expostos acima guiaram a construção dos modelos finais, dos quais todos completaram os quesitos exigidos para a resolução do problema.

Apesar de ser difícil afirmar o que ocorreu com as concepções de cada aluno no decorrer do trabalho, percebemos que os projetos apresentados pelo grupo foram se aproximando da funcionalidade no decorrer das atividades. Isto mostra que concepções podem ter sido modificadas por conflitos provocados tanto na troca dentro dos grupos como no ensaio tecnológico.

Por fim, concluímos que pretendendo-se um ensino tecnológico, seja no nível fundamental ou médio, que possa formar um aluno crítico e autônomo, devemos colocar os alunos a resolver problemas tecnológicos, nos quais elaborem modelos explicativos, façam testes e julgamentos, sempre com interação em grupo.

7-REFERÊNCIAS

ALEXIM, J. C. (1997) Educación técnica y formación profesional: algunas reflexiones sobre la convergencia. Boletín Cinterfor (entrega especial), 141:04-10.

BACHELARD, G. (1996) A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto.

BARROS FILHO, J. (1999) Construção de um sistema de avaliação contínuo em um curso de eletrodinâmica de nível médio. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Educação da UNICAMP. Campinas, SP.

BAZZO, W. A. (1998) Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica. Florianópolis: Edufsc.

BAZZO, W. A. (1999) A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. In: Linsingen, I. V. *et al* (org.). Formação do engenheiro. Florianópolis: Editora da UFSC.

BERMUDEZ, J. C. M. (1999) A educação tecnológica precisa de uma política. In: Linsingen, I. V. *et al* (org.). Formação do engenheiro. Florianópolis: Editora da UFSC.

BECKER, F. (1999) Aprendizagem e ensino: contribuições da epistemologia genética. In: Linsingen, I. V. *et al* (org.). Formação do engenheiro. Florianópolis: Editora da UFSC.

- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. (1994) Investigação Qualitativa em Educação. Porto, Portugal: Porto Editora.
- CARDOSO, T. F. L. (1999) Sociedade e desenvolvimento tecnológico: uma abordagem histórica. In: Grinspun, M. P. S. (org.).Educação Tecnológica-Desafios e Pespectivas. São Paulo: Cortez.
- CASTELLS, M. (1997) The rise of the Network Society - The information age: Economy, society e culture - Vol. III. Blackwell, Malden (MA).
- COLL, C. (1992) Los componenres del curriculum: ?Què evaluar? ?Cuàndo evaluar? ?Cómo evaluar? Psicología y currículum: Una aproximación psicopedagógica a la elaboración del currículum escolar. Ediciones Paidóis: 124- 130.
- COLL, C. (1990) Un marco de referencia psicológico para la educación escolar: la concepción constructivista del aprendizaje y de la enseñansa. In: PALACIOS, J.; MARCHESI, A. (orgs). Desarrollo psicológico y educación. Madrid: Alianza Editorial, vol. 2.
- CUSTER, R. L. (1995) Examining the dimensions of technology. International Journal of Technology and Design Education. Vol 5: 219-244.
- DEMO, P. (1999) Profissional do futuro. In: Linsingen, I. V. *et al* (org.). Formação do engenheiro. Florianópolis: Editora da UFSC.
- DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHIE A (1992) Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Madrid: Ed. Morata.

- FITZGERALD, T. (1993) Education for work and about work: A Proposal. American journal of education. N: 101: 99-115.
- FREIRE, P. (1981) Educação como prática da liberdade. Rio de Janeiro: ed. Paz e Terra.
- FLEURY, A.C.C.; VARGAS, N. (1983) Aspectos Conceituais. In: Fleury, A.C.C.; Vargas, N. (org.) Organização do trabalho. Atlas, São Paulo, pp 17-38.
- GILBERT, J. K. (1992) The interface between science education and technology education. Science Education. Vol. 14, nº 5, 563-578.
- GILBERT, J. K. (1995) Educación Tecnológica: Una Nueva Asignatura en todo el Mundo. Enseñanza de las Ciencias. Vol. 13, N.1: 15-24.
- GITAHY, L. (1994) Inovação Tecnológica, Subcontratação e Mercado de Trabalho. São Paulo em Perspectiva. Vol. 01: 144-154.
- GRESSLER, L. A. (1979) Pesquisa Educacional: Importância, Modelos, Validade, Variáveis, Hipóteses, Amostragem, Instrumentos. São Paulo: Edições Loyola.
- GRINSPUN, M. P. S. Z. (1999). Educação Tecnológica. In: Grinspun, M. P. S. (org.). Educação Tecnológica-Desafios e Perspectivas. São Paulo: Cortez.
- IGLESIA, P. M. (1997) Una revisión del movimiento educativo ciencia – tecnología – sociedad. Enseñanza de las Ciencias. Vol. 15, N. 1: 51-57.

- KUHN, T. S. (1987) A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva.
- LEONTIEV, A. N. (1998) O homem e a cultura. São Paulo: Perspectiva.
- LUCKE, M. e ANDRÉ, M.E.D.A. (1986). Pedagogia em Educação: Abordagens Qualitativas. São Paulo: EPU.
- MANNING, D. J.; CARLISLE, Y. M. (1996) The ideology of Technology and the Birth of the Global Economy. Technology in Society. Vol. 18, N. 1: 61-77.
- MARTINS, R. (1990) A formação do Universo. São Paulo: ed. Ática.
- MAURI, T. (1998) O que faz com que os alunos aprendam os conteúdos escolares. In: COLL, C. *et al* (org.). O Construtivismo na sala de aula. São Paulo: Ed. Ática.
- MIRAS, M. (1998) Um ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos: os conhecimentos prévios. In: COLL, C. *et al* (org.). O Construtivismo na sala de aula. São Paulo: Ed. Ática.
- MORAES, M. C. (1999) O perfil do engenheiro dos novos tempos e as novas pautas educacionais. In: Linsingen, I. V. *et al* (org.). Formação do engenheiro. Florianópolis: Editora da UFSC.
- MORALES, M. e MORENO, M. (1993). Problema en el uso de los terminos cualitativo/cuantitativo en la investigación educativa. Investigación en la Escuela. Vol. 21: 149-157.

MOREIRA, M.A. (1988) Alguns Aspectos das Perspectivas Quantitativas e Qualitativas à Pesquisa Educacional e suas Implicações para a Pesquisa em Ensino de Ciências. Porto Alegre: Publicação do Instituto de Física da UFRGS.

NEEDHAM, J. (1977) La Gran Titulación - Ciencia y Sociedad en Oriente y Occidente. (trad. R. M. Silvestre). Madrid: Alianza Editorial.

NEVES, A. M. C. (1999) Ética, Tecnologia e Sociedade. In: Grinspun, M. P. S. (org.). Educação Tecnológica-Desafios e Perspectivas. São Paulo: Cortez.

ONRUBIA, J. (1998) Ensinar: criar zonas de desenvolvimento proximal e nelas intervir. In: COLL, C. *et al* (org.). O Contrutivismo na sala de aula. São Paulo: Ed. Ática.

OSBORNE, J. F. (1996) Beyond Constructivism. Science Education. Vol. 80, N. 1: 53-82.

Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias"/ Ministério da Educação e Desporto- Brasília (1999). [On line] Disponível em <http://www.mec.gov.br> [Acessado em 4/4/2001].

PEREZ, C. (1984) Microelectronica, ondas largas y cambio estructural mundial, World Development. Número especial: 04-60.

PEREZ, D. G. (1996) New Trends in Science Education. International Journal of Science Education. Vol. 18, N. 8, 889-901.

PEREIRA, E. M. A.(1999) Professor como pesquisador: o enfoque da pesquisa-ação na prática docente. In: Geraldi. C. M. G. G. *et al*

- (org.). Cartografias do trabalho docente. São Paulo: Mercado de Letras.
- PIAGET, J. (1977) O julgamento moral da criança. São Paulo: Mestre Jou.
- PIAGET, J. (1977) O Desenvolvimento do Pensamento- Equilibração das Estruturas Cognitivas. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- PIAGET, J. (1996) As Formas Elementares da Dialética. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- RAMOS, E. M. F. (1999) O papel da avaliação educacional nos processos de aprendizados autônomos e cooperativos. In: Grinspun, M. P. S. (org.).Educação Tecnológica-Desafios e Pespectivas. São Paulo: Cortez.
- RODRIGUES, A. M. M. (1999) Por uma filosofia da tecnologia. In: Grinspun, M. P. S. (org.).Educação Tecnológica-Desafios e Pespectivas. São Paulo: Cortez.
- RONAN, C.A. (1987) História Ilustrada da Ciência, 4 volumes, (trad. J.E. Fortes). Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- ROWELL, P. M. (1997) Problem Solving Through Technology: An Interpretive Dilemma. The Alberta Journal of Educational Research. Vol.XLIII, N. 2/3: 86-98.
- RUBEGA, C. C. C. (2000) A reforma da educação profissional de nível médio e a formação do técnico em química: retrospectiva e perspectiva de uma profissão.Tese de Doutorado. Faculdade de Educação da UNICAMP, Campinas- SP.

SACADURA, J. F. (1999) A formação dos engenheiros no limiar do terceiro milênio. In: Linsingen, I. V. *et al* (org.). Formação do engenheiro. Florianópolis: Editora da UFSC.

SALUM, M. J. G. (1999) Os currículos de engenharia no Brasil-estágio atual e tendências. In: Linsingen, I. V. *et al* (org.). Formação do engenheiro. Florianópolis: Editora da UFSC.

SAVIANI, D. (1997) A nova lei da educação: trajetória, limites e perspectivas. Campinas/ SP: Autores Associados.

SILVA, D., BARROS FILHO, J. (1997). A busca de coerência com os preceitos construtivistas no processo de avaliação da aprendizagem. In: Atas do Foro de la Academia de Ciencias de América Latina: Enseñanza de la Educación Básica en América Latina: encuentro de Educadores e Invertigadores Cientificos. Caracas, Venezuela.

SILVA, D., SÁNCHEZ, C. G., ORDONEZ F. J., SILVA, C. D., LACERDA NETO, J. C., ALMEIDA, N., BARROS FILHO, J. (1999) Engineer Teaching and Science Teaching in Laboratory: toward the pedagogy proposal. In: Atas do XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica (COBEM). Águas de Lindóia - SP (22 a 26/11/99). ABCM e UNICAMP [CD-ROM]: Acrobat Reader. pp: 1- 6.

SILVA, D., BARROS FILHO, J., LACERDA NETO, J. (2000) Atividades de Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) para as disciplinas dos Cursos de Administração de Empresas. Revista Álvares Penteado. Vol. 02, número 04: 47-68.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1992) El modelo constructivista y las relaciones ciencia/técnica/sociedad (C/T/S). Enseñansa de las ciências. Vol 10, N. 2: 181-186.

SOLÉ, I. (1998) Disponibilidade para a aprendizagem e sentido da aprendizagem. In: COLL, C. *et al* (org.). O Contrutivismo na sala de aula. São Paulo: Ed. Ática.

SOLOMON, J. (1988) Science technology and society courses: tools for thinking about social issues. Journal of science education. Vol. 10, n 04: 379-387.

SOUZA, P. R. (1997) La reforma de la enseñansa técnica en Brasil. Boletín Cinterfor. Vol. 141: 71-75.

SOUZA, J. A. & BASTOS, L. A. (1997) Fundamentos, características y perspectivas de la educación tecnológica. Boletín Cinterfor. Vol. 141: 07-27.

TATUM, J. S. (1996) Technology and Liberty: Enriching the Conversation. Technology in Society. Vol. 18, n 1: 41-59.

UNESCO. (1998) Declaração Mundial sobre educação superior. Declaração mundial sobre educação superior no séc. XXI: visão e ação. Marco referencial para ação prioritária para mudança e o desenvolvimento da educação superior. Tradução de Amós Nascimento. Piracicaba: Editora Unimep.

VARGAS, M. (1999) Prefácio. In: Grinspun, M. P. S. (org.). Educação Tecnológica-Desafios e Pespectivas. São Paulo: Cortez.

- VARGAS, N. (1985) Gênese e Difusão do Taylorismo no Brasil. Ciências sociais Hoje: 155-192.
- WHEATEY, G. H. (1991) Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning. Science Education. Vol. 75, N.1: 09-21.
- ZABALA, A. (1998) A prática educativa. Porto Alegre: ArtMed.