

**O AQUECEDOR SOLAR NA SALA DE AULA
(The Solar Warmer in the Classroom)**

Luiz Antonio de Quadros Dworakowski [luiz.dworak@gmail.com]

Guilherme Frederico Marranghello [guilherme.marranghello@unipampa.edu.br]

Pedro Fernando Teixeira Dorneles [pedro.dorneles@gmail.com]

Universidade Federal do Pampa / UNIPAMPA

Rua Carlos Barbosa s/nº - Getúlio Vargas – Bagé-RS – CEP: 96412-420.

Resumo

A nova forma pretendida de desenvolver o processo de ensino-aprendizagem, proposta pela legislação de ensino (LDB, DCNEM, PCN) exige a adequação das escolas e dos profissionais da área da educação. Este trabalho foi desenvolvido a partir da construção de um aquecedor solar com materiais recicláveis com o objetivo de servir como laboratório para o ensino de física e de ciências, criando alternativas didáticas para a contextualização de temas como energia e meio ambiente, além de estudos sócio-culturais, proporcionando um ambiente para a prática interdisciplinar. A análise do trabalho foi conduzida de acordo com os enfoques qualitativo e quantitativo aplicados à pesquisas em ensino. O projeto foi analisado sob o foco qualitativo através da participação em seminários, palestras e oficinas de ensino-aprendizagem e sob o foco quantitativo, sendo aplicados pré e pós-testes. O desenvolvimento do projeto demonstrou potencial para propiciar melhores condições para aprendizagem significativa e contribuiu para preencher lacunas observadas no processo de ensino-aprendizagem de física e na aplicação dos novos parâmetros curriculares.

Palavras-chave: PCN, CTS, interdisciplinaridade, aquecedor solar.

Abstract

The new desired form of developing the teaching-learning process, proposed by the teaching legislation (LDB, DCNEM, PCN) requires an adequation of the schools and professionals of the educational area. This work was developed from the construction of a solar warmer with recyclable materials with the objective of serving as a physics and sciences laboratory, creating didactic alternatives for the contextualization of themes such as energy, environment, and socio-cultural debates, providing an environment for the interdisciplinary practice. The study was conducted according to the qualitative and quantitative focus applied to research in education, through seminars, lectures, workshops on teaching-learning for qualitative analysis, and applying pre and post-tests, for research quantitative analysis. Gaps and mistakes were found in the interpretation of certain physical concepts in pre-tests, which could be worked out during the research. The meaningful learning approach and the CTS focus guided the study. The progress obtained by students and the main difficulties faced in carrying out the project are introduced in the conclusion, including suggestions for future applications.

Keywords: National Standards, STS, interdisciplinarity, solar warmer.

Introdução

A partir de 1997, com o início da publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), o termo “currículo” deixou de ser simplesmente as matérias constantes de um curso, aquelas disciplinas que deveriam constituir o ensino fundamental ou de diferentes cursos do ensino médio. Além de se referir aos programas de conteúdos de cada disciplina, currículo pode significar também a expressão de princípios e metas do projeto educativo, os quais devem ser flexíveis para promover discussões e reelaborações quando realizado em sala de aula, pois é o professor que fará a reflexão dos princípios observados na prática didática. (Garcia, 2005)

Conforme descrito na introdução dos PCNs de 5ª a 8ª série as reflexões e experiências adquiridas ao longo dos últimos trinta anos com os métodos de ensino foram extremamente significativas para o momento atual,

“pois de modo geral indicam que é preciso romper com práticas inflexíveis, que utilizam os mesmos recursos independentemente dos alunos, sujeitos da aprendizagem. É preciso conhecer melhor os alunos, elaborar novos projetos, redefinir objetivos, buscar conteúdos significativos e novas formas de avaliar que resultem em propostas metodológicas inovadoras, com intuito de viabilizar a aprendizagem dos alunos.” (BRASIL, 1998 pg. 37)

Segundo os PCNs Brasil (1998), o currículo apresentará princípios e metas do projeto pedagógico, cabendo ao professor, profundo conhecedor de sua disciplina e convicto da importância de seu aprendizado por parte de seus alunos, selecionar os conteúdos instrucionais compatíveis com os objetivos definidos no projeto educativo da escola e em consonância com a realidade local e às necessidades dos alunos.

Mais do que nunca a escola da atualidade tem a missão de formar um aluno capaz de trabalhar a informação recebida, através do desenvolvimento de competências e habilidades que permitam selecionar, criticar, comparar, e elaborar novos conceitos a partir dos que se tem. São objetivos que vão além da informação ou do conhecimento intelectual. Envolvem a formação humana e social da pessoa, algo que não se consegue com um ensino “livresco” e fragmentado. Na tentativa de romper esse tipo de hábito, o trabalho centrado em projetos pode ser uma ótima alternativa, pois envolvem conhecimento, comportamento, conceitos, valores e atitudes. Existe a necessidade de formar em nossos alunos uma visão crítica dos fatos para que eles possam formar suas próprias opiniões. A tarefa do professor está em orientar a formação intelectual, social, política e cultural dos alunos, permitindo que eles busquem suas respostas e criem suas próprias opiniões, desenvolvendo a capacidade de aprender ao longo da vida e fortaleçam os aspectos ligados a autonomia profissional.

A Educação Ambiental é um dos Temas Transversais dos Parâmetros Curriculares Nacionais de Ensino, tendo como objetivo respeitar as diversidades regionais, culturais e políticas existentes no país, com a finalidade de permitir aos alunos o acesso ao conjunto de conhecimentos socialmente elaborados e reconhecidos como necessários ao exercício da cidadania. “Para isso, é necessário que, mais do que informações e conceitos, a escola se proponha a trabalhar com atitudes, com formação de valores, com o ensino e a aprendizagem de habilidades e procedimentos. Esse é um grande desafio para a educação.” (BRASIL, 1998 p. 67, 68).

A Lei nº 9.795/99 que institui a Política Nacional de Educação Ambiental estabelece no seu art. 2º, que “a Educação Ambiental é um componente essencial e permanente da Educação Nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal”. A legislação estabelece, ainda, que a Educação Ambiental não deve ser implantada como uma disciplina específica do currículo de ensino, mas deve ser tratada em todas as disciplinas de forma transversal e multidisciplinar garantindo a discussão dos problemas sócio-ambientais em todos os níveis de ensino e atividades integradas com a realidade da comunidade.

Atualmente percebe-se que a escola está mudando e sua clientela também. Os alunos chegam mais informados, os pais questionam de forma mais enfática as posturas pedagógicas. Aquele conjunto de conhecimentos prontos, sistematizados e hierarquizados que o professor tradicional costuma empregar em sala de aula não basta para satisfazer as necessidades dos alunos, os quais trazem para a escola uma grande bagagem de conhecimentos e que devem ser aproveitados. Com certeza a aula tradicional expositiva não provém os objetivos pretendidos e deverá ser substituída pela aula desenvolvida com a participação efetiva dos alunos expondo e trocando idéias. Com isso torna-se necessário uma revisão na forma de atuação dos docentes no processo educacional, revendo suas práticas pedagógicas. A expansão tecnológica e dos meios de

comunicação afetaram a rotina da escola, pois permitiram a transmissão da informação de forma rápida, dinâmica e mais interessante do que a forma desenvolvida na escola, exigindo uma constante atualização dos professores e dos meios físicos disponíveis para aportarem tal desenvolvimento. O problema de pesquisa que deu origem ao presente trabalho, se baseia nas dificuldades encontradas pelos profissionais de ensino, principalmente os professores, em encontrarem alternativas práticas e ligadas ao cotidiano dos alunos, para fazerem a transposição didática prevista nos PCNs.

O projeto objeto deste estudo foi desenvolvido através da construção de um aquecedor solar com materiais recicláveis por alunos do ensino fundamental e médio da Escola Estadual de ensino médio Jerônimo Mércio da Silveira, em Candiota - RS, com o objetivo de usar o aquecedor solar como um laboratório para o desenvolvimento de competências e habilidades na área das ciências da natureza, matemática e suas tecnologias, praticando ainda temas transversais como cidadania, meio ambiente, saúde e ética. O projeto de ensino através do aquecedor solar propicia ainda o trabalho interdisciplinar entre as demais áreas de ensino e oportuniza discussões e debates sobre Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) que, de acordo com Schnetzler e Santos (2003), trazem aos estudantes conhecimentos para sua participação na sociedade moderna, buscando alternativas de aplicação de ciência e tecnologia numa visão de bem-estar social. A escolha de um projeto envolvendo fontes alternativas de energia foi motivado pelo alto valor sócio-ambiental encontrado nesses projetos e devido a escola em que foi realizado o projeto estar inserida num município com grandes atividades de alto impacto ao meio ambiente, como a extração e queima do carvão mineral para geração de energia elétrica e a extração de calcário para fábricas de cimento, valorizando assim, o incentivo ao estudo e desenvolvimento de trabalhos pedagógicos relativos a fontes alternativas de energia, contribuindo para a aquisição de atitudes e habilidades que valorizem e preservem o meio ambiente.

Levando em conta tais referenciais, este artigo mostra uma experiência didática desenvolvida, a qual procurou aplicar os preceitos de aprendizagem significativa de Ausubel (MOREIRA, 2006), além de buscar a aplicação da transposição didática prevista nos PCNs Brasil (1998), pois permite orientar a atividade do professor e dos alunos na construção de um ambiente de aprendizagem eficaz, que visa transformar o conhecimento em conhecimento escolar a ser ensinado, transformando o saber científico e as práticas sociais em objetos de ensino, convertendo-se em conteúdos curriculares.

Metodologia

Amostra

As turmas escolhidas para desenvolver o projeto foram as três séries do ensino médio (EM) noturno e a 8ª série do ensino fundamental. O primeiro autor do presente trabalho é professor destas turmas, as quais puderam ser acompanhadas e orientadas para o desenvolvimento de um trabalho de pesquisa que atendesse os objetivos da mesma e que revelasse a realidade da escola. O aquecedor solar foi montado no pátio interno da escola, o que instigou a curiosidade dos alunos e também motivou a sua participação. A presença do aquecedor no dia-a-dia da escola proporcionou ainda sua utilização em atividades interdisciplinares, influenciando de maneira geral as atitudes e o comportamento dos alunos, ocorrendo inclusive solicitações para ingressarem no projeto.

Delineamento

Inicialmente, como tomada de dados relativos aos conhecimentos preliminares que os alunos detinham sobre o conteúdo da pesquisa e como forma de aquisição de subsídios para necessidade de reforçar ou completar possíveis lacunas que deveriam ser trabalhadas foi aplicado

nas turmas que participaram do projeto um questionário, que segundo Moreira (2003) são instrumentos de medida altamente utilizados em pesquisas quantitativas em ensino. As questões envolviam temas relacionados ao meio ambiente, energia e conhecimentos de física que em alguma etapa da formação escolar os alunos já tinham estudado, mesmo que, em algumas turmas, de forma não tão aprofundada. O questionário elaborado continha apenas perguntas de forma aberta que de acordo com Moreira (2006) são respondidas pelas próprias palavras dos entrevistados no preenchimento das questões e permitem maior flexibilidade de resposta, favorecendo a exploração mais a fundo do tema.

O questionário conteve 25 questões¹ divididas em 06 (seis) questões relacionadas ao meio ambiente, 07 (sete) questões sobre energia e 12 (doze) questões sobre conhecimentos básicos de física, procurando dessa forma abranger o máximo possível os conceitos que poderiam ser contextualizados a partir dos trabalhos com o projeto.

O enfoque quantitativo de pesquisas educacionais segundo Moreira (2003) prevê o uso de variáveis que serão manipuladas pelo pesquisador, ou servirão para análises correlacionais entre elas com a finalidade de se obter dados para a análise e interpretação do problema de pesquisa. Conforme o autor citado, variáveis independentes são procedimentos que o experimentador manipula para verificar sua relação com os fenômenos observados e variáveis dependentes são os resultados surgidos pela introdução das variáveis independentes. No caso desta pesquisa, o método contextualizado de ensino pretendido com a utilização do aquecedor solar caracteriza a variável independente, e as mudanças obtidas no desempenho dos alunos, atribuíveis à influência da variável independente, caracteriza a variável dependente.

A confiabilidade dos dados obtidos pelos instrumentos de medida utilizados foram preocupação constante do pesquisador durante o desenvolvimento da pesquisa. De acordo com Moreira (2003), a forma com que o experimentador manipula sua variável independente ou planeja um experimento para testar hipóteses levantadas é conhecido como plano ou delineamento de pesquisa. O delineamento usado na execução deste trabalho foi adaptado do modelo pré-experimental de Campbell e Stanley (1979) e sugerido por Moreira (2003), o qual é mostrado na tabela 1. A presença constante do aquecedor no pátio da escola inviabilizou o uso de uma turma de controle para avaliação da eficácia do projeto.

Tabela 1: Delineamento da pesquisa (Adaptado de Moreira, 2003).

Grupo	Delineamento
Pré-experimental	$O_1 X O_2 O_3$

O_1 = Pré-teste
 X = Procedimento didático.
 O_2 = Pós-teste1 (aplicado ao final do procedimento didático e do ano letivo de 2009).
 O_3 Pós-teste2 (aplicado no início do ano letivo de 2010).

Como forma de aplicação do projeto ao ensino de física e de ciências, aproveitando o potencial didático de um exemplo de Fonte Alternativa de Energia, que é o caso do aquecedor solar, foram escolhidos como eixos centrais das discussões os conceitos de trabalho, potência e energia que puderam ser analisados pelas três séries do ensino médio servindo como temas estruturadores das discussões, sendo aprofundados e introduzidos conceitos correlatos e particulares ao grau de instrução das respectivas séries. Entre os conceitos abordados, podemos destacar, o emprego de unidades de medida e notação científica com o 1º ano do EM, além da abordagem dos próprios conceitos de trabalho, potência e energia, previsto para esta série. Puderam ser revisados esses mesmos conceitos com o 2º ano do EM e introduzidos novos conceitos como densidade, pressão,

¹ Disponível em: <<https://sites.google.com/site/guilhermeunipampa/aquecedor-solar-na-sala-de-aula/questionario.doc>>. Acesso em: 12 de maio de 2010.

temperatura e calor. O 3º ano do EM pôde reforçar os conceitos estudados no 1º e 2º ano e trabalhar com energia elétrica, potência elétrica e resistores. A situação problema sugerida para resolução e análise foi a verificação da quantidade de energia térmica transferida pelo sol à água através do aquecedor solar durante um dia de exposição ao Sol, analisando os conceitos físicos envolvidos no processo. A partir daí foram feitas medições da temperatura da água pelos próprios alunos em dias variados, sempre considerando a temperatura da água no reservatório usado no experimento (caixa d'água de 250 litros) pela manhã, quando os raios de sol começam a atingir os coletores solares, e a temperatura ao final da tarde, quando os raios de Sol deixam de iluminar os coletores. De posse dessas temperaturas foi possível trabalhar a quantidade de calor transferida para a água, fazendo posteriormente a relação dessa energia com a energia elétrica correspondente, caso fosse usado por exemplo, um chuveiro elétrico para aquecer tal quantidade de água, além de ressaltar os processos de transmissão de calor envolvidos no processo, assinalando o efeito do espectro eletromagnético da luz sobre as variadas superfícies e ainda relacionar ao efeito estufa ocorrido na Terra.

Análise do problema

Desenvolver um ensino de física que desperte a atenção dos alunos, que seja motivador e prazeroso estudar, com o máximo de aplicação possível no seu dia-a-dia é um desafio que vem sendo enfrentado por instituições e profissionais da área de ensino, em particular na área das ciências das naturezas e suas tecnologias. A abordagem em CTS está intrínseco nos objetivos propostos pelos PCNs e constituem-se uma forma de contextualizar e problematizar o ensino das ciências. Em Schnetzler e Santos (2003) encontramos uma abordagem separada dos três componentes de CTS que esclarece sua abrangência. Com relação à *ciência* o enfoque CTS deve abranger o caráter provisório e incerto das teorias científicas, levando em conta as opiniões controversas dos especialistas, verificando que a ciência não é algo inquestionável e acabado e que os alunos podem propor alternativas diferentes para a resolução de um problema.

Na abordagem sobre *tecnologia*, os autores citados afirmam que “ela deve ser apresentada como aplicação das diferentes formas de conhecimento para atender as necessidades sociais”, devendo o aluno compreender a importância das inovações tecnológicas para a sociedade e sua característica como processo de construção social.

Concluindo, no aspecto *sociedade*, eles estabelecem a conscientização da importância e a influência que os alunos têm como cidadãos, devendo ser estimulado sua participação democrática na sociedade por meio da expressão de suas opiniões.

O uso do aquecedor solar construído com materiais recicláveis como recurso didático nas aulas de física busca problematizar a situação do lixo e da energia presentes em nosso cotidiano e agregar valor científico, adequando os conceitos físicos envolvidos, além de ressaltar o papel do aluno como cidadão, promovendo seu entendimento crítico dos aspectos sociais, culturais, econômicos e ambientais da ciência e tecnologia. O uso do projeto também caracteriza uma abordagem do sistema de aprendizagem significativa descrita por Ausubel (Moreira, 2006), pois propicia a oportunidade dos professores buscarem informações sobre conhecimentos prévios dos alunos, criando melhores condições para os alunos relacionarem de forma substantiva os conceitos que pretendemos explorar com suas ideias e conceitos prévios. Para Ausubel (2003) há duas condições para ocorrência da aprendizagem significativa, a saber: *i*) o material deve ser potencialmente significativo, isto é, o conteúdo do material a ser estudado deve ter relação com a estrutura cognitiva do aluno, de maneira não-arbitrária e não-literal e *ii*) o aluno deve manifestar disposição para relacionar o novo material, potencialmente significativo à sua estrutura cognitiva.

A forma de aplicação do projeto nas aulas de física procurou atender os conhecimentos previstos para as diferentes séries que participaram do projeto, inicialmente generalizando conceitos básicos que em alguma etapa da formação dos alunos já tinham sido estudados, pois o estudo da física é prevista na fase final do ensino fundamental, porém agora, com um enfoque voltado para a

aplicação no aquecedor, centrando o foco na obtenção das habilidades e competências sugeridas nos PCNM.

Como funciona o aquecedor solar?

Para realizar este projeto foi necessário encontrar um aquecedor solar que pudesse ser construído com materiais de baixo custo e que fosse de fácil implementação. Estas características foram encontradas no projeto desenvolvido por Alano (2009), onde os painéis solares são construídos com garrafas PET transparentes encaixadas entre si, formando um ambiente hermeticamente fechado e contendo em seu interior as caixas de leite pintadas de preto fosco, onde ficam apoiados os tubos por onde circula a água que será aquecida.

Numa aplicação residencial a necessidade de água quente é bem maior do que o volume de água existente no interior dos tubos, então para aquecer diariamente por exemplo, 250 litros de água, que é basicamente a necessidade de água quente de uma residência de 5 pessoas, liga-se por meio de tubos, o coletor solar a uma caixa d'água. Para construir o aquecedor solar utilizamos:

- 01 caixa d'água de 250L ;
- 120 garrafas PET cristal de 2 litros (transparentes);
- 100 embalagens longa vida de 1 litro pós-consumo;
- 22 metros de canos de PVC de 20 mm;
- 40 conexões T em PVC de 20 mm;
- 08 conexões L (luva) em PVC de 20 mm;
- 04 tampões em PVC de 20 mm;

Ao colocar os painéis sob a ação da luz solar visível ocorrerá que a radiação solar atravessará a superfície transparente das garrafas PET e ao encontrar o fundo preto sofre uma alteração no seu comprimento de onda (um aumento, transformando-se em radiação infravermelho), a qual não consegue atravessar de volta a garrafa, ocorrendo a reflexão no sentido garrafa/fundo/garrafa, que ocasionará o que conhecemos por efeito estufa, causando o aumento da temperatura das caixas pintadas de preto fosco, enquanto durar a ação da radiação solar. Justifica-se utilizar a cor preto fosco porque a cor preta praticamente absorve toda a radiação nela incidente nos mais diferentes comprimentos de onda do espectro solar.

A energia solar é convertida em energia térmica no interior dos painéis solares e é transmitida para a água a qual fica armazenada no reservatório por um princípio chamado termo sifão. O calor coletado pelas caixas pretas devido a ação da radiação solar é transferida aos tubos, os quais por sua vez o transferem para a água existente no seu interior. As moléculas da água em contato direto com os tubos vão paulatinamente sendo aquecidas tornando-se mais leves e por consequência tendem a subir na massa líquida, ao tempo em que as moléculas de água das camadas superiores (de maior densidade), vão tomando o lugar das moléculas mais aquecidas dando origem ao que se chama de movimento convectivo, ajudado ainda pela pressão da coluna de água existente no reservatório térmico, já que este está em posição superior em relação ao coletor solar, movimento este que só é interrompido quando toda a massa líquida atinge a mesma temperatura, que no caso do nosso aquecedor solar varia entre 36 °C no inverno e 50 °C no verão. O calor transferido à água até que ela chegue nessas temperaturas é o que se chama de calor sensível.

A convecção natural ou termo sifão será interrompido quando toda a água existente no sistema solar de aquecimento (coletor e reservatório termicamente isolado), esteja a uma mesma temperatura, portanto em equilíbrio térmico. Se nesta situação um certo volume de água quente é retirado para consumo, imediatamente igual volume de água, à temperatura ambiente, entra no reservatório termicamente isolado. Nesta situação o equilíbrio térmico é desfeito restabelecendo o movimento convectivo, ou seja a convecção natural, e assim por diante. A figura 1 apresenta um esquema, adaptado de Alano (2009), sobre o funcionamento do aquecedor solar.

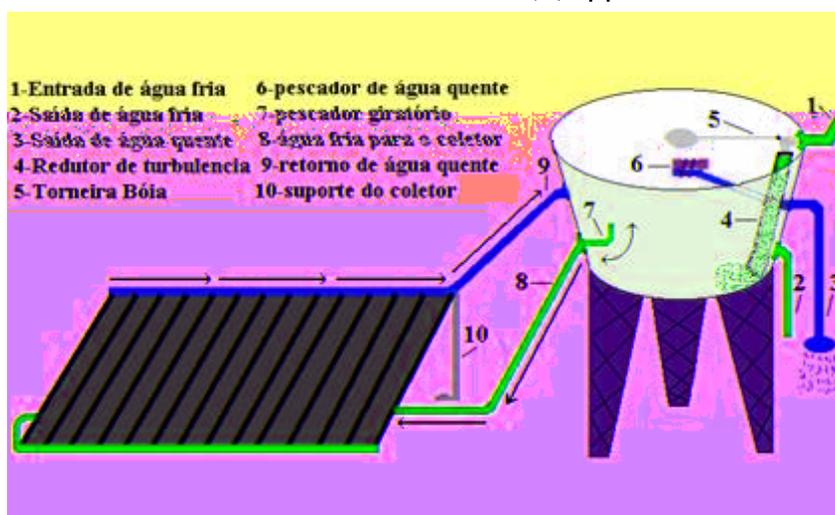


Figura 1. Esquema de funcionamento do aquecedor.

Fonte: <http://josealcinoalano.viabol.uol.com.br/manual.htm>

Aplicação de conteúdos

Através desse exemplo foi possível abordar nas quatro séries trabalhadas, além dos conceitos de *pressão atmosférica* e *pressão nos líquidos*, o conceito de *densidade*. A densidade de massa de um corpo, nos fornece a quantidade de massa que existe por unidade de volume do corpo. Ao ser aquecida, a água aumenta seu volume *oportunizando falar sobre dilatação térmica*, mas não altera sua massa, diminuindo assim a sua densidade. Esse princípio físico explica o funcionamento por termo sifão, ocorrido no aquecedor.

O princípio de funcionamento do aquecedor solar permitiu a contextualização de outros conceitos aplicáveis a todas turmas envolvidas no projeto:

- a irradiação solar permite a chegada da energia térmica do sol até os coletores solares. A cor preta dos coletores não permite a reflexão da luz, produzindo calor (radiação infravermelho), que fica preso no coletor pelas garrafas PET, aquecendo os tubos onde circula a água;
- por condução térmica o calor é transmitido dos tubos à água que circula em seu interior;
- finalmente, pelo processo de convecção térmica, a água transmite o calor recebido e completa o ciclo de aquecimento.

Assim, durante a construção e discussões que envolveram o funcionamento do aquecedor puderam ser trabalhados conceitos físicos relacionados a formas de *transmissão de calor*, características dos meios em relação a *propagação da luz* e *espectro eletromagnético*, diferenças entre os conceitos de *temperatura* e *calor*, além de explorar a ocorrência do *efeito estufa*, tanto no aquecedor solar, como a semelhança com o que ocorre na Terra.

Alguns conceitos foram aprofundados com certas turmas de forma específica devido os conteúdos serem previstos em seu currículo, como os conceitos de *dilatação térmica*, em especial a dilatação dos líquidos, aplicáveis ao 2º ano do EM.

A contextualização do tema energia que envolveu o projeto oportunizou a discussão de alguns conceitos da física, aplicáveis às quatro turmas participantes do projeto, como por exemplo a

relação entre potência, trabalho e energia. A partir do conceito de *energia solar* (energia radiante emitida pelo Sol, que fornece luz e calor), pôde-se fazer ligação com outras formas de energia:

- *energia elétrica*: energia que é geralmente convertida em outras formas de energia para realizar trabalho;
- *energia química*: energia produzida por transformações químicas;
- *energia eólica*: energia produzida pelo vento;
- *energia nuclear*: energia liberada quando certos átomos são divididos.

Em qualquer de suas manifestações, energia representa a capacidade de fazer algo acontecer ou funcionar. Podemos dizer que energia é a capacidade de realizar trabalho. Por sua vez, o trabalho é uma grandeza física que pode ser usada para medir energia. Num sistema ideal, o trabalho realizado por uma força é igual a energia empregada para que ele se realize. Potência significa a rapidez com que é realizado o trabalho.

Foi possível realizar com o 2º ano do EM um exercício prático onde foi proposto calcular a quantidade de calor em trânsito entre o aquecedor e a água em um dia de exposição ao sol, usando os conceitos de calorimetria. A fórmula fundamental da calorimetria nos diz que a quantidade de calor **Q** trocada entre dois corpos é proporcional a massa **m** e a variação da temperatura ($T - T_0$). Assim, $Q = m c (T - T_0)$ ou $Q = m c \Delta T$. Para saber a massa de água que recebeu energia usou-se o conceito de densidade. Foi utilizada uma caixa d'água com volume igual a 250L, onde mediu-se a temperatura às 8h15min (temperatura inicial T_0). Posteriormente, mediu-se a temperatura final **T**, às 16h15min. A massa de água é obtida pelo produto de sua densidade e seu volume.

Através do volume de água a ser aquecida e, conhecendo a densidade da água, foi possível calcular a massa total de água a ser aquecida $m = 250$ kg. A temperatura inicial foi medida utilizando um termômetro digital como sendo $T_0 = 16,6$ °C, enquanto a temperatura da água, medida ao final da tarde registrou $T = 39,6$ °C, valores que são mostrados na figura 2. O cálculo da quantidade de calor é representado na tabela 2.

Tabela 2: Aplicação da fórmula fundamental da calorimetria.

calor específico da água (c)	quantidade de calor (Q)
$c = 1 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$	$Q = m c \Delta T$
quantidade de calor trocado: $Q = 5\,750 \text{ kcal}$	

O procedimento para resolução desse problema permitiu, além de trabalhar o conceito de troca térmica entre os corpos, a obtenção de competências e habilidades sugeridas nos PCNs, principalmente na categoria investigação e compreensão, como por exemplo: “utilizar instrumentos de medição e de cálculo” e “procurar e sistematizar informações relevantes para a compreensão da situação-problema”. No caso do experimento realizado, foi utilizado um termômetro digital para medir a temperatura da água.

Com o 3º ano do EM foi possível, além de revisar os conceitos de quantidade de calor através das tomadas de temperatura inicial e final da água do aquecedor, aplicando a fórmula $Q = m c \Delta T$ explorar os conceitos de *potência elétrica* dissipada e de *energia elétrica*, além da equivalência e *conversão de unidades de medida*. A partir dos dados obtidos na quantidade de calor transferida pelo Sol à água no aquecedor, foi proposto verificar a equivalência desse valor em unidades de energia elétrica usadas em nosso cotidiano, que é quilowatt-hora (kWh).

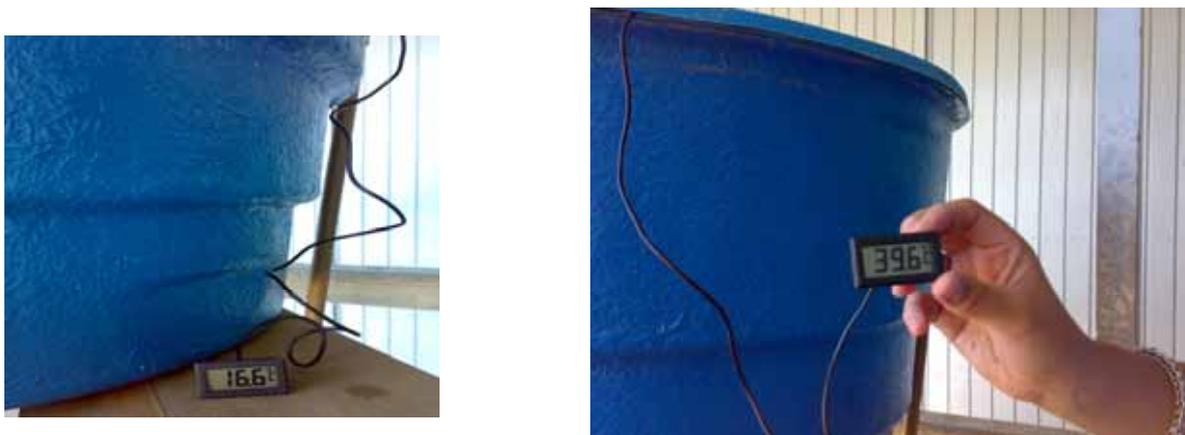


Figura 2 – Temperatura da água pela manhã e ao final da tarde (foto do autor).

- ✓ equivalência entre cal e J: $\text{cal} = 4,186\text{J}$ - $Q = 5750\text{kcal} \Rightarrow 24070\text{kJ}$ ou $24,07 \cdot 10^6\text{J}$;
- ✓ relação entre kWh e J: “1kWh é a potência de 1kW consumida ou transformada em 1h” ($\tau = E = P t$) - $1\text{kwh} = 1000\text{W} \cdot 3600\text{s} = 3,6 \cdot 10^6\text{J}$;
- ✓ considerando $Q = 24,07 \cdot 10^6\text{J}$, houve uma transferência de aproximadamente 6,7kWh de energia em 6h, equivalente a 1100W por hora.

Benefícios sócio-ambientais

Também foi possível calcular com as turmas do projeto a economia de energia elétrica proporcionado pelo uso do aquecedor solar em substituição ao chuveiro elétrico, além de praticar o trabalho com unidades de medida usadas em nosso dia-a-dia e atender a busca de habilidades e competências previstas nos PCNs. “entender o impacto das tecnologias associadas às ciências naturais, na vida pessoal, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social”(BRASIL,1998).

No cálculo da economia de energia elétrica os alunos levaram em conta a potência média dos chuveiros elétricos, considerando em torno de 5kW e famílias com quatro pessoas tomando banhos diários com duração de 15 minutos.

$$E = P\Delta T = 5\text{kW} \cdot 0,25\text{h} = 1,25\text{kWh} \text{ (energia gasta em um banho).}$$

Valor do kWh extraído da conta de luz: R\$ 0,45 (R\$ 0,60 por banho).

Considerando as quatro pessoas da família e 30 dias no mês, chegamos ao consumo do chuveiro elétrico: R\$ 72,00 mensais.

Uma aplicação interdisciplinar do projeto permitiu avaliar sua importância sócio-ambiental. A professora de sociologia pôde trabalhar os aspectos sociais envolvidos na coleta seletiva do lixo e das famílias que tiram seu sustento do reaproveitamento do lixo seco reciclável e também a importância desse trabalho para a preservação ambiental. O professor de química fez o balanço de massa com seus alunos, comparando o consumo de carvão mineral necessário para gerar energia elétrica na usina de Candiota-RS.

Dessa interação, pôde-se extrair alguns dos principais benefícios sócio-ambientais oferecidos com o desenvolvimento do projeto. Fazendo uma projeção para sua aplicação num município do porte de Candiota, com aproximadamente 10.000 habitantes:

- Seriam utilizadas 600.000 garrafas PET e 500.000 embalagens longa vida tetra pak.
- Cada família reduziria, em média, 40% do valor de sua conta de luz.
- 250 MWh mensais de energia seriam economizados num município como Candiota-RS.
- 3.000 toneladas de carvão por ano seriam economizados. Fonte: Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica (CGTEE).
- 800 toneladas de CO₂ deixariam de ser emitidos em um ano. Dados obtidos a partir da quantidade de carbono existente no carvão de Candiota-RS. Fonte: CGTEE.
- Para absorver a quantidade de CO₂ descrita acima, seria necessário o plantio de aproximadamente 4.500 árvores².

Resultados e discussões

Os gráficos mostrados nas figuras 3-6 apresentam a comparação entre as notas obtidas no pré-teste em relação aos pós-testes aplicados nas turmas envolvidas no projeto. Para cada série apresentamos, também, a média(m) de desempenho dos alunos por teste. As respostas dos alunos foram classificadas em uma escala de zero a 10. Nos gráficos é possível verificar uma evolução do desempenho dos alunos nos pós-testes em todas as turmas. Observam-se diferenças mesmo entre o pré-teste e o pós-teste2, aplicado alguns meses após o desenvolvimento do projeto. Isso sugere o potencial do projeto em propiciar aos alunos uma retenção satisfatória dos conceitos trabalhados.

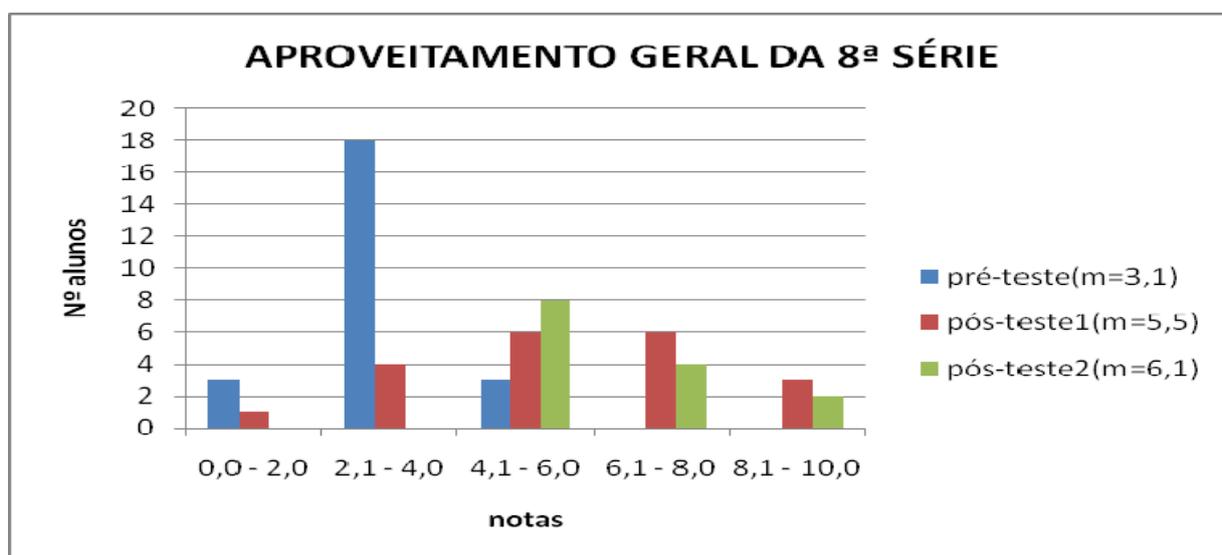


Figura 3. Notas e médias da turma de 8ª série nos três testes realizados.

²Fonte: Revista super Interessante. São Paulo: Abril, 2007.

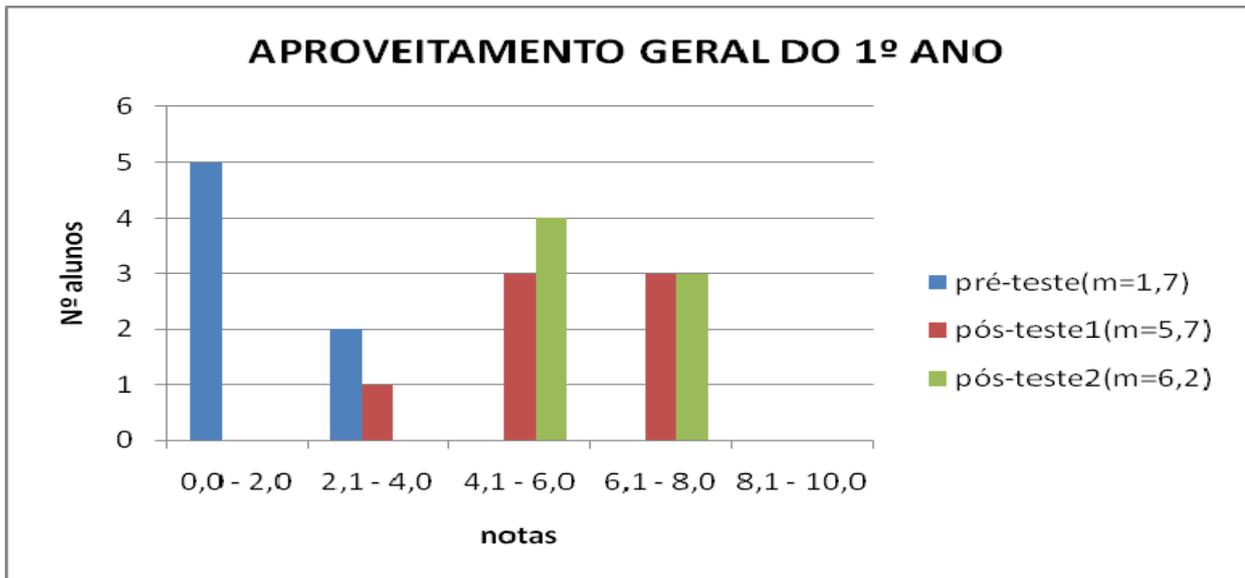


Figura 4. Notas e médias da turma de 1º ano do EM nos três testes realizados.

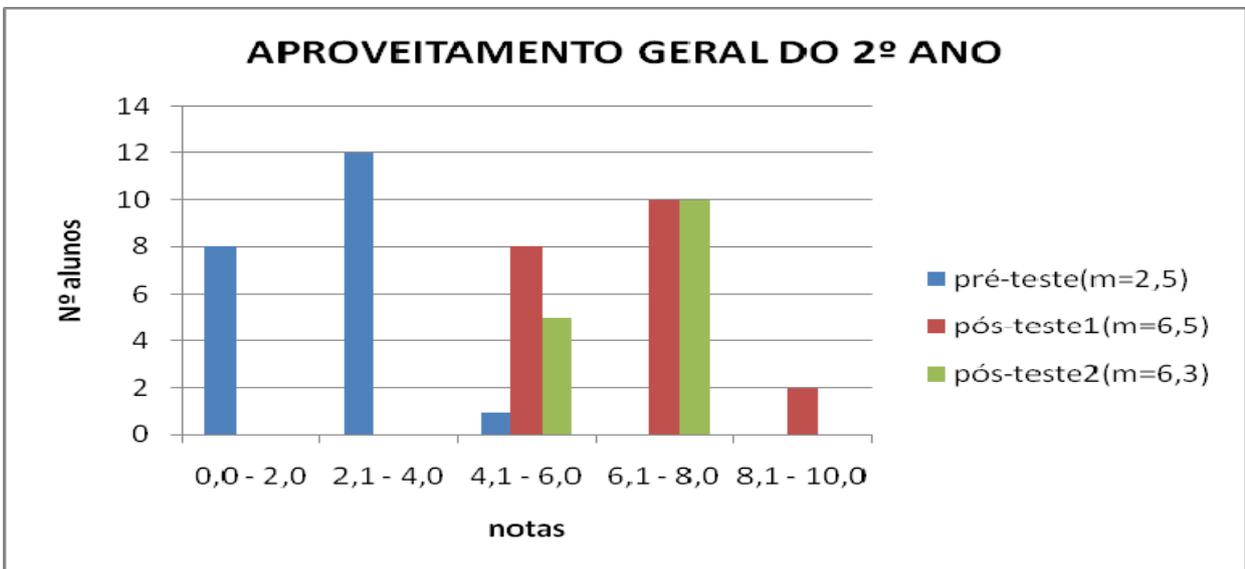


Figura 5. Notas e médias da turma de 2º ano do EM nos três testes realizados.

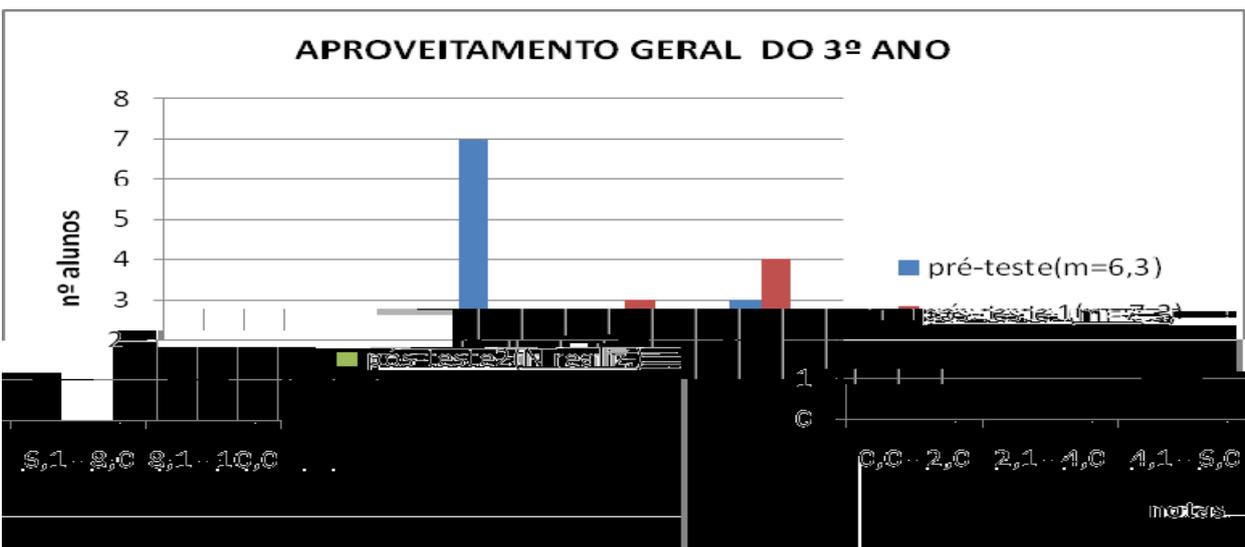


Figura 6. Notas e médias da turma de 3º ano do EM no pré-teste e pós-teste1.

Além desses dados, também foi realizada uma análise sobre o desempenho dos alunos por item do teste³, na qual foi observada uma melhora em praticamente todos os itens. Percebe-se claramente a evolução das turmas, constatando-se também que o aumento foi maior nas turmas em que a nota do pré-teste não tinha sido tão boa, quando a nota já era alta, o aumento foi menor.

Esse aspecto, porém não foi observado em todos os itens analisados, foi percebido na questão 8 sobre geração de energia termoelétrica que a 8ª série já tinha uma nota alta no pré-teste, mostrando claramente a influência da presença da usina no município. Esta nota se manteve no pós-teste porque ela já era alta.

Ao ser averiguado as respostas do pré-teste, comparando com o pós-teste, foi possível retirar respostas que podem evidenciar o aproveitamento das turmas com o desenvolvimento do projeto, principalmente sobre o tema efeito estufa, os conceitos de temperatura, calor e a forma com que se obtém a energia no sol. Como os alunos não precisavam se identificar quando responderam os questionários, para que pudessem responder da forma mais natural possível, foi possível classificar as respostas por turmas participantes do projeto, sendo escolhidas as que foram julgadas mais representativas entre o pensamento que tinham antes e após a participação no projeto.

Fazendo a análise das respostas do pré-teste, observa-se que em geral os alunos relacionavam o efeito estufa ao aumento da poluição ocorrido na Terra, não verificando a importância desse efeito para a manutenção da vida na Terra da forma que conhecemos. Nas respostas do pós-teste verifica-se a mudança na visão dos alunos. A seguir são relacionadas na tabela 5, algumas respostas típicas dadas pelas turmas que mais evoluíram comparando o pré-teste com o pós-teste:

Tabela 5. Relação entre o pré e pós-teste nas questões sobre efeito estufa

Questão	Respostas no pré-teste
O que é o efeito estufa?	1ºano: É o desmatamento e a poluição
	Respostas no pós teste
	1ºano: Concentração do calor na terra pela presença de certos gases
Quando o efeito estufa nos faz mal?	Respostas no pré-teste
	1ºano: Faz muito mal
	Respostas no pós teste
	1ºano: Quando provoca calor excessivo na terra, alterando o clima.
Quando o efeito estufa nos é útil?	Respostas no pré-teste
	2ºano: Nunca. É prejudicial
	Respostas no pós teste
	2ºano: Para equilibrar a temperatura terrestre, não deixando a Terra virar um planeta gelado.

³ Os dados desta análise encontram-se disponíveis em: < <https://sites.google.com/site/guilhermeunipampa/aquecedor-solar-na-sala-de-aula/graf.ini.finais.xls>>. Acesso em: 12 de maio de 2010.

As perguntas envolvendo temperatura, calor e a geração de energia no Sol tiveram respostas iniciais e finais que também podem indicar o quanto o projeto contribuiu para a aquisição de conhecimentos nas turmas participantes. Podemos verificar até mesmo a evolução das respostas obtidas nas questões que não estão diretamente relacionadas ao aquecedor.

De uma maneira geral verifica-se no pré-teste que na 8ª série eles não sabem o que é temperatura e calor. Na 8ª série e no 1º ano pode-se perceber que eles não têm idéia de como é gerada a energia no Sol, aparecendo no 2º ano algumas respostas boas para temperatura e calor. A tabela 6 mostrada a seguir, apresenta algumas respostas típicas sobre os conceitos de temperatura, calor e a energia do Sol, extraídas dos dois testes realizados:

Tabela 6. Relação entre o pré e pós-teste nas questões sobre temperatura e calor

Questão	Respostas no pré-teste
O que é temperatura?	2ºano: Temperatura é a unidade de calor
	Respostas no pós teste
	2ºano: Energia cinética das partículas de um corpo
O que é calor?	Respostas no pré-teste
	2ºano: Calor é a unidade de temperatura
	Respostas no pós teste
	2ºano: Energia térmica em trânsito entre os corpos
Como é gerada a energia no sol?	Respostas no pré-teste
	1ºano: Acumulando calor dos planetas
	Respostas no pós teste
	1ºano: Os átomos do hidrogênio se fundem formando hélio e gera calor

Comparando as respostas, percebe-se um substancial enriquecimento científico nas respostas do pós-teste, em relação ao pré-teste, que mesmo considerando os aspectos adversos ao projeto, podemos atribuir em grande parte à participação dos alunos no mesmo.

Fazendo-se a análise das diferenças entre os dados obtidos no pós-teste em relação ao pré-teste, pode-se relacionar fatores que indicam se a aplicação do projeto foi eficaz, não somente em relação ao aprendizado dos conhecimentos de física e de ciências que se propunha aos alunos, mas também averiguar a obtenção de valores e comportamentos voltados para a cidadania e a convivência social. O delineamento escolhido para ser aplicado nesta pesquisa, o tipo pré-experimental de Campbell e Stanley (Moreira, 2003), permite que se chegue a conclusões plausíveis sobre os efeitos que a aplicação do projeto causou sobre os alunos, no entanto deve ser considerado na análise dos resultados a ocorrência de fatores não controlados no experimento, como por exemplo o grau de amadurecimento que os alunos tiveram no decorrer do ano, que contribuíram nas respostas do pós-teste e que não foram atribuídos necessariamente ao desenvolvimento do projeto.

O modelo pré-experimental não prevê um grupo de controle do experimento, dificultando a avaliação do mesmo, mas foi escolhido para aplicação nesta pesquisa devido ao pesquisador não dispor de outras turmas fora da escola em que foi trabalhado o projeto, onde pudesse desenvolver os

conteúdos sem a presença do aquecedor solar. A disposição do aquecedor no pátio da escola foi responsável por experiências bastante positivas para o resultado da pesquisa, permitindo que o mesmo fosse visitado e acessado por toda a comunidade escolar, incluindo os alunos não participantes do projeto, os quais foram orientados sobre sua finalidade e benefícios sócio-ambientais, recebendo informações sobre os principais conceitos envolvidos na sua construção e funcionamento.

Quanto a utilização interdisciplinar do projeto, verificou-se uma maior adequação do mesmo à área das ciências da natureza, facilitando contextualizações, além da física, nas disciplinas de química e biologia, favorecendo também, trabalhos na área das ciências humanas e em menor amplitude, na área de linguagem e códigos. A permanência do aquecedor solar no pátio da escola serviu como um exemplo para a abordagem dos temas transversais pelos professores das diversas áreas, pois envolve nos seu contexto temas ligados ao meio ambiente, ética, saúde, trabalho e consumo. Tal interação, resultou na criação de um sistema de separação do lixo seco na escola para fornecimento a pessoas da comunidade que trabalham no recolhimento desse tipo de resíduo.

Além dos números que comprovam o melhor aproveitamento dos alunos nas matérias relacionadas ao aquecedor solar, o projeto também promoveu uma maior interação da escola com a comunidade na qual está inserida ao participar de seminários relacionados à semana do meio-ambiente e de reportagens produzidas nos jornais e na televisão. A integração com a comunidade também aconteceu com a participação dos pais ao longo do projeto, seja na confecção da estrutura onde está montado o aquecedor ou na coleta de garrafas PET e caixas de leite, que somaram 180 e 150, respectivamente.

Considerações finais

A utilização do aquecedor solar como ferramenta didática para a prática de um ensino contextualizado e interdisciplinar na área das ciências da natureza, em particular no ensino de física e de ciências, resultou num conjunto de fatores comportamentais e motivacionais que foram demonstrados pelos alunos, tanto no desempenho intelectual como também em relação às atitudes demonstradas nas diversas situações vividas na escola. Percebeu-se que os alunos ao longo do estudo se mostraram motivados para aprenderem e darem significados aos conceitos e valores trabalhados durante o desenvolvimento do projeto, propiciando assim melhores condições para atingirem uma aprendizagem significativa.

Os procedimentos utilizados para resolução dos problemas propostos e a interação interdisciplinar desenvolvida propiciou uma abordagem de CTS do projeto, pois os alunos puderam vislumbrar a **ciência** como algo inacabado, verificando possibilidades de inovar e criar alternativas para solucionar problemas. Observaram que podem usar diferentes formas de **tecnologias**, inclusive aquelas desenvolvidas por eles, para resolver problemas sociais e puderam sentir que suas participações como cidadãos, suas atitudes e opiniões podem e devem intervir nos rumos seguidos pela **sociedade**.

Como forma de ratificar a eficácia da utilização do projeto pretende-se aplicar novamente este processo de ensino no próximo ano letivo, estendendo sua utilização às demais turmas da escola através da confecção de protótipos do aquecedor solar para que possam ser utilizados por vários professores ao mesmo tempo. A metodologia da pesquisa será predominantemente qualitativa, buscar-se-á avaliar os atributos visão de ciência e aprendizagem significativa a partir da categorização das respostas dos alunos envolvidos no estudo.

Pela experiência vivida no desenvolvimento do projeto e com o objetivo de ajudar os professores que queiram iniciar seus trabalhos didáticos usando o aquecedor solar, estabelece-se a

seguir uma relação de assuntos, conceitos e práticas que foram trabalhados ou percebeu-se que poderiam ser explorados nas diversas turmas que participaram do projeto, os quais ficam como sugestões para aplicação futura do mesmo, cabendo a devida adequação de acordo com as particularidades dos assuntos tratados por cada professor.

Pelo que foi trabalhado com as turmas do projeto, sugere-se que nas turmas de 8ª série pode-se usar o projeto na introdução do estudo da física, falando sobre as características físicas da matéria, como densidade e fases da matéria, voltando a usar o aquecedor quando se tratar de calorimetria, óptica e eletricidade.

Para as turmas de 1º ano do EM, além do enfoque de CTS envolvidos no trabalho, pode-se fazer referência às conversões de unidades de medida e notação científica, previstos para o início do trabalho com essa turma e voltar a trabalhar quando se tratar da relação trabalho potência e energia.

Considerando o 2º ano do EM, pode-se usar o aquecedor solar já no início das atividades letivas, tratando dos conceitos relativos à hidrostática (densidade, pressão, pressão atmosférica e pressão nos líquidos), passando em seguida para calorimetria (abrangendo os conceitos que envolvem o estudo do calor e temperatura), além de trabalhar os conceitos relacionados às características da luz e formas de transmissão de calor.

Com o 3º ano do EM pode-se usar o aquecedor quando se tratar de eletrodinâmica, aproveitando para revisar os conceitos de energia calorífica, fazendo alusão à potência e energia elétrica comparadas com quantidade de calor, além dos aspectos de CTS envolvidos na economia de energia elétrica em relação aos recursos naturais.

Finalizando, sugere-se a utilização do projeto como ferramenta para debate dos temas transversais, pois temas como ética, meio ambiente, saúde, trabalho e consumo são amplamente abrangidos nas várias etapas da execução do projeto.

Referências

Alano, J. A. *Manual sobre a construção e instalação do aquecedor solar com descartáveis*, Tubarão. Disponível em: <<http://josealcinoalano.vilabol.uol.com.br/manual.htm>>. Acesso em 21 Mai 2009

Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano.

Brasil. Lei Federal nº 9.795 de 27/04/99. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. In: *Diário Oficial da União*, Brasília. 1999.

Brasil. Lei nº 9.394 de 20/12/96, estabelece as diretrizes e bases da educação nacional (LDB). In: *Diário Oficial da União*, Brasília. 1996.

Brasil, MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília, 1998.

Brasil, MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Ensino Médio. Brasília, 1998.

Brasil, MEC, Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais, 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental*, Ciências Naturais. Brasília, 1998.

Brasil. Resolução CNE/CEB nº 3, de 26 de Junho de 1998. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. In: *Diário Oficial da União*, Brasília. 1998.

Dias, G. F. (2003). *Fundamentos em Educação Ambiental*. Série cadernos da Católica. Brasília, Universa.

Fazenda, I. C. A. (1994). *Interdisciplinaridade: História, teoria e pesquisa*. Campinas: Papirus.

Garcia, L. A. *Competências e Habilidades: você sabe lidar com isso? Educação e ciência On-line*, Brasília: Universidade de Brasília. Disponível em: <<http://uvnt.universidadevirtual.br/ciencias/002.htm>>. Acesso em: 23 Abr 2010.

Júnior, F. J. *Energia solar, eólica e biomassa no ensino de física*. In: XVI SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro: 2005. ATAS - XVI SNEF, 2005.

Martins, T. L. C. (2009). *Ensino de química: Contextualização possível com os Temas Geradores*. In: I Ciclo de palestras da Unipampa, 2009, Bagé.

Moreira, M. A. (2006). *A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala de Aula*. Brasília: Editora Universidade de Brasília.

Moreira, Marco A. (2003). *Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos*. Textos de apoio ao professor de física. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS.

Moreira, Marco A. (2006). *Questionários*. Textos de apoio ao professor de física. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, 2006.

Schnetzler, R. P.; Santos, W. L. P. (2003). *Educação em Química: Compromisso com a cidadania*. Ijuí: Unijuí.

Recebido em: 17.06.2010

Aceito em: 30.06.2010