

**UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL**  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO ENSINO DE  
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



**ENERGIA SOLAR NO ENSINO DA MATEMÁTICA:  
UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO**

ROBERTO BRASIL DA SILVEIRA

ORIENTADORA: DR<sup>a</sup> CLAUDIA LISETE OLIVEIRA GROENWALD

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil para obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Canoas, 2003.

Aos meus avós, Lourival e Luci, e Natal e Celina, que partiram deixando saudades e exemplos de vida e amor.

Aos meus pais, Sidnei e Rosa, e irmãos, Rogério, Adriana, Mauro e Jonas, que me deram apoio e carinho.

E à minha amada mulher, Letícia, e meus adoráveis filhos, Thayse e Bruno, que me deram inspiração para elaborar este trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Claudia Lisete Oliveira Groenwald, por ter dividido comigo parte de seu vasto conhecimento e experiência, por seu apoio e amizade, pela paciência e compreensão que teve em meus momentos de dúvidas e aflições.

Aos demais professores do Programa, pelas inúmeras idéias trocadas.

A todos os colegas de mestrado, pela receptividade e amizade.

Aos colegas Cláudio, Rosane, Maristela, Marilene, Arlete, Áureo e Vera, pelo apoio na execução da investigação com os professores.

Ao bibliotecário Alexandre Trindade, pela formatação final do trabalho.

À professora Thaís dos Santos Viana, pela tradução.

Ao meu irmão Jonas, pelo empréstimo de computador e impressora.

E a todas as pessoas que me deram informações, permissões, idéias e incentivos.

*“Não é paradoxo dizer que, nos nossos momentos de inspiração mais teórica, podemos estar o mais próximo possível de nossas aplicações mais práticas.”*

*A. N. Whitehead*

## RESUMO

No conjunto de ações úteis para melhorar a situação social e a qualidade da vida humana, sob a perspectiva do Desenvolvimento Sustentável, sugere-se um lugar destacado para os projetos de Educação Ambiental, especialmente nas escolas, com o objetivo de aumentar de modo significativo a massa crítica dos que passam a entender as dimensões das questões ambientais, tendo sempre em vista a participação dos cidadãos na solução dos problemas ambientais.

Neste contexto destaca-se, particularmente, o item energia, fundamental para o desenvolvimento, pois sua produção e uso podem provocar sérios impactos ao meio ambiente. A Agenda 21 destaca a necessidade de fazer maior uso de fontes alternativas de energia, particularmente as renováveis.

Por outro lado, o atual ensino de Matemática tem produzido resultados preocupantes que revelam as marcas de um trabalho sem significado para o aluno, mostrando a necessidade de propor mudanças no ensino da Matemática, criando alternativas metodológicas para melhor compreensão dos conhecimentos matemáticos e incorporando as mudanças pretendidas na formação deste indivíduo idealizado para o mundo atual.

Assim, o presente trabalho tem o objetivo de utilizar conceitos de energia solar e sustentabilidade para desenvolver conteúdos de Matemática do Ensino Médio, propondo um projeto de Matemática e Educação Ambiental que desenvolva atividades metodológicas para o Ensino Médio, que explorem problemas e descrevam resultados, utilizando representações ou modelos matemáticos com o tema Energia Solar.

Para alcançar os objetivos propostos de investigar o planejamento de aulas de Matemática que possibilitem introduzir os conceitos de sustentabilidade utilizando o tema

Energia Solar, no Ensino Médio, foi necessário realizar um levantamento bibliográfico sobre o tema transversal Educação Ambiental e Energia Solar, com enfoque nos conceitos de Desenvolvimento Sustentável, conforme recomendações da Agenda 21. Também foi realizado um levantamento bibliográfico sobre Educação Matemática, com enfoque em novas alternativas metodológicas de ensino que propiciem uma aprendizagem mais significativa e mais motivadora para o estudante do Ensino Médio.

Feita a análise e relação dos conceitos de Energia Solar que são compatíveis com a disciplina de Matemática no Ensino Médio, elaborou-se um projeto de ensino, aplicável ao Ensino Médio, com atividades metodológicas que utilizam conceitos de Energia Solar adequados aos conteúdos de Matemática.

Após a apresentação do projeto de Energia Solar elaborado, com as atividades de ensino-aprendizagem para a disciplina de Matemática, descreve-se a investigação realizada com 21 professores de Matemática, coletando suas opiniões sobre a viabilidade de aplicação da proposta, através de um questionário com 20 perguntas em escala Likert e 4 perguntas abertas. A análise qualitativa dos resultados obtidos junto aos professores pesquisados permitiu evidenciar o interesse e as expectativas dos professores em relação ao projeto apresentado, bem como seus pontos positivos e negativos, e as perspectivas de trabalho futuro. Assim, chegou-se à conclusão que o projeto pode favorecer um processo de ensino contextualizado de Matemática para o Ensino Médio, a partir da utilização dos conceitos de Energia Solar.

Desta forma, este trabalho apresenta uma proposta alternativa para o ensino de Matemática, no Ensino Médio, baseada na metodologia de projetos, utilizando o tema Energia Solar para desenvolver as aulas de Matemática, bem como apresenta algumas atividades pedagógicas como exemplo.

Considera-se que há uma necessidade crescente de estabelecer relações úteis e interessantes entre temas matemáticos de diferentes campos com outras áreas do conhecimento humano, buscando um ensino de Matemática mais significativo e que, ao mesmo tempo, contribua a levar o conhecimento da Energia Solar, para esta ser melhor aproveitada, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida no nosso planeta.

## **ABSTRACT**

Concerning the useful measures to better our social situation and human life quality, from the perspective of Sustainable Development, it is suggested a highlighted place on Environmental Education projects, specially at schools, aiming to raise meaningfully the critical mass of those who start understanding the dimensions of the environmental issues, always viewing the participation of the citizens in the solution of environmental problems.

In this context, it is particularly highlighted, the item energy, which is essential to the development, due to the fact that its production and use can provoke serious impacts to the environment. Agenda 21 emphasizes the necessity of using more alternative energy resources, in special, the renewable ones.

On the other hand, the current mathematics teaching has been producing worrying results which reveal the marks of a meaningless effort for the students, showing the necessity to propose changes in mathematics teaching, creating methodological alternatives to improve the understanding of mathematics knowledge and incorporating the intended changes in the formation of this idealized individual to the present world.

Thus, this work aims to use Solar Energy concepts and sustainability to develop mathematics contents in Secondary School, proposing methodologies, which explore problems and describe results, using representations or mathematics models through the Solar Energy theme.

To reach our proposed goals to investigate the mathematics lessons plans which make possible to introduce the concepts of sustainability using the Solar Energy theme in Secondary School, was necessary to do a bibliographic survey about the transversal issue Environmental Education and Solar Energy, focusing on the concepts of sustainable development, according

to recommendations in Agenda 21. It was also done a bibliographic survey about mathematics teaching, focusing on new methodological alternatives of teaching which can provide a more meaningful and motivating learning to Secondary School students.

By having done the analysis and relation of the Solar Energy concepts, which are compatible with the discipline of mathematics in Secondary School, a project of teaching was heated, applicable to Secondary School, with methodological activities, which use concepts of Solar Energy suitable to mathematics contents.

After the Solar Energy project presentation through teaching-learning activities to the discipline of mathematics, it is described the investigation done by 21 mathematics teachers, collecting their opinions about the viability of applying the proposal, through a questionnaire with 20 questions on the Likert Scale and 4 open questions. The qualitative analysis of the obtained results from the teachers' survey allowed me to evidence the teachers' interest and expectation related to the project presented, as well as its negative and positive points, and the perspectives of future work. Thus, it was concluded that the project can favor a process of contextualized mathematics teaching in Secondary School, from the utilization of the concepts of Solar Energy.

This way, this work presents an alternative proposal to mathematics teaching in Secondary School, based on the methodology of projects, using the Solar Energy theme to develop mathematics classes, as well as some pedagogical activities as an example.

It is considered that there is a rising necessity to establish useful and interesting relations among mathematics themes on different fields with other areas of human knowledge, viewing a more significative mathematics teaching and that, at the same time, contribute to spread the knowledge of Solar Energy, in order to be better used to improve life quality in our planet.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	10
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	12
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	13
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	15
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>1 JUSTIFICATIVA, PROBLEMA, OBJETIVOS E METODOLOGIA</b> .....	18
1.1 Justificativa .....	18
1.2 Problema da Investigação .....	21
1.3 Objetivos .....	21
1.3.1 Objetivo Geral .....	22
1.3.2 Objetivos Específicos .....	22
1.4 Metodologia Aplicada na Investigação .....	22
<b>2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS</b> .....	24
2.1 Desenvolvimento Sustentável .....	24
2.2 Educação Ambiental .....	29
2.2.1 Encontros Internacionais .....	33
2.2.2 Educação Ambiental nos Parâmetros Curriculares Nacionais .....	37
2.3 Educação para o Desenvolvimento Sustentável .....	40
2.4 Educação Matemática .....	45
2.4.1 Educação Matemática por Projetos .....	55
2.4.2 Educação Matemática nos Parâmetros Curriculares Nacionais .....	61
2.5 Energia Solar .....	63

<b>3 PROJETO “ENERGIA SOLAR NO ENSINO DE MATEMÁTICA”.....</b>	<b>84</b>
<b>4 INVESTIGAÇÃO E RESULTADOS.....</b>	<b>141</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>158</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>161</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>170</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de curva de duração de carga .....	100
Figura 2 – Exemplo de curva de carga .....	101
Figura 3 – Piscina Sustentável .....	102
Figura 4 – Despesa anual média para aquecimento de piscinas.....	102
Figura 5 – Evolução do custo de painéis solares fotovoltaicos.....	103
Figura 6 – Projeção de custo instalado para sistema solar fotovoltaico híbrido.....	104
Figura 7 – Projeção do preço final da energia elétrica (centavos de U\$/kWh) em sistemas solares fotovoltaicos híbridos .....	105
Figura 8 – Crescimento da produção mundial de células solares fotovoltaicas.....	106
Figura 9 – Espectro solar .....	108
Figura 10 – O espectro solar nos limites da atmosfera.....	109
Figura 11 – O espectro solar na superfície terrestre.....	110
Figura 12 – Gráfico da radiação solar extraterrestre.....	126
Figura 13 – Gráfico da equação do tempo .....	130
Figura 14 – Ângulos originados pelo movimento aparente do Sol .....	135
Figura 15 – Gráfico da pergunta 1.....	142
Figura 16 – Gráfico da pergunta 2.....	142
Figura 17 – Gráfico da pergunta 3.....	143
Figura 18 – Gráfico da pergunta 4.....	143
Figura 19 – Gráfico da pergunta 5.....	144
Figura 20 – Gráfico da pergunta 6.....	144
Figura 21 – Gráfico da pergunta 7.....	145
Figura 22 – Gráfico da pergunta 8.....	145
Figura 23 – Gráfico da pergunta 9.....	146

Figura 24 – Gráfico da pergunta 10.....	146
Figura 25 – Gráfico da pergunta 11.....	147
Figura 26 – Gráfico da pergunta 12.....	147
Figura 27 – Gráfico da pergunta 13.....	148
Figura 28 – Gráfico da pergunta 14.....	148
Figura 29 – Gráfico da pergunta 15.....	149
Figura 30 – Gráfico da pergunta 16.....	149
Figura 31 – Gráfico da pergunta 17.....	150
Figura 32 – Gráfico da pergunta 18.....	150
Figura 33 – Gráfico da pergunta 19.....	151
Figura 34 – Gráfico da pergunta 20.....	151

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução das concepções ambientais .....	36
Tabela 2 – Aplicações práticas da energia solar: atividade mundial.....	76
Tabela 3 – Conteúdos abordados no projeto .....	86
Tabela 4 – Exemplo de conta mensal de energia eléctrica.....	87
Tabela 5 – Dia do ano.....	123

## LISTA DE SÍMBOLOS

W	Watt
Wh	Watt-hora
kW	quilowatt
kWh	quilowatt-hora
W/m <sup>2</sup>	Watt por metro quadrado
J	Joule
A	área
Q	quantidade de calor ou perda térmica
I	radiação solar incidente
t	tempo
E	eficiência
$\eta$	rendimento
m	fluxo de massa
c	calor específico
$\Delta T$	diferença de temperatura
cal	caloria
kcal	quilocaloria
°C	graus Celsius
V	volume
P	potência térmica
$\pi$	constante matemática pi ( $\cong 3,14$ )
R	raio
S	superfície

$G_{SC}$	fator solar ou constante solar
$D_O(n)$	fator de correção diária da órbita terrestre
$n$	dia do ano
$i$	dia do mês
$\delta$	declinação solar
$E_t$	fator de correção do tempo ou equação do tempo
$B$	ângulo da equação do tempo
$TSV$	tempo solar verdadeiro
$T_{LOC}$	tempo ou hora local
$L_{ST}$	longitude padrão
$L_{LOC}$	longitude local
$\omega$	ângulo horário
$\phi$	latitude
$\beta$	ângulo de inclinação
$\gamma$	azimute de superfície
$\gamma_s$	azimute solar
$\theta_Z$	ângulo zenital
$\alpha_s$	altitude solar
$G_{ON}(n)$	radiação solar extraterrestre instantânea
$I_O(n)$	irradiação solar extraterrestre horária numa superfície horizontal
$I_{ON}(n)$	irradiação solar extraterrestre
$I_{O\beta}$	irradiação solar extraterrestre horária numa superfície inclinada
$\theta_s$	ângulo de incidência
$I_G$	irradiação global
$I_B$	irradiação direta
$I_D$	irradiação difusa

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

- ANAMMA – Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente
- LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira
- MEC – Ministério da Educação e Cultura
- NASA – National Aeronautics and Space Administration
- OTAN – Organização do Tratado do Atlântico Norte
- PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais
- PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
- PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
- PRC – Padrão Referencial de Currículo
- SEC/RS – Secretaria da Educação do Estado do Rio Grande do Sul
- UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- UICN – União Internacional para a Conservação da Natureza
- UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
- WWF – World Wide Fund for Nature

## INTRODUÇÃO

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992, no Rio de Janeiro, salienta que o ensino é de fundamental importância para criar atitudes nas pessoas, para que estas tenham capacidade de avaliar os problemas do Desenvolvimento Sustentável e abordá-los com outras pessoas, grupos de cidadãos, comunidades, líderes, empresas, organizações etc.

Segundo a Agenda 21 (ANAMMA & FAMURS, 1992), o Desenvolvimento Sustentável deve integrar-se em todas as disciplinas do ensino e empregar métodos formais e não formais utilizando meios efetivos de comunicação, numa abordagem multidisciplinar, envolvendo as questões de meio ambiente e desenvolvimento de seus aspectos.

Conseqüentemente, o educador de hoje deve ser capaz de integrar os conceitos de sustentabilidade, energias renováveis, ensino e ambiente nos diferentes níveis escolares, levando o educando a refletir sobre a utilização do meio ambiente de forma racional, preservando-o e, assim, melhorando a qualidade de vida.

Desta forma, este trabalho apresenta uma proposta de ensino-aprendizagem que aborda estes conceitos através dos conhecimentos de Energia Solar e suas aplicações práticas dentro da disciplina de Matemática, visto que há necessidade, cada vez maior, de estabelecer relações úteis e interessantes entre temas matemáticos de diferentes campos com outras áreas do conhecimento humano.

No capítulo 1 apresenta-se a justificativa, os objetivos, o problema da investigação e a metodologia aplicada na investigação.

Dada a complexidade do tema Desenvolvimento Sustentável e dos valores intrínsecos a ele, das implicações para a educação em geral e para a Educação Ambiental em particular,

dedica-se o capítulo 2 à reflexão em torno desses aspectos, de suas ambivalências conceituais e as dimensões das questões ambientais. Também neste capítulo apresenta-se um histórico sobre o aproveitamento da radiação solar em diversos países, em diferentes épocas, mostrando que o uso da Energia Solar para gerar calor e eletricidade não é novo, é uma ciência com milhares de anos.

O capítulo 2 fundamenta a investigação realizada, bem como mostra a necessidade de propor mudanças no ensino da Matemática, criando alternativas metodológicas para melhor compreensão dos conhecimentos matemáticos. Neste sentido, se dá ênfase aos projetos interdisciplinares e a utilização de temas transversais.

No capítulo 3, apresenta-se o projeto de Energia Solar elaborado, com as atividades de ensino-aprendizagem para a disciplina de Matemática no Ensino Médio.

No capítulo 4 está descrita a investigação realizada com professores de Matemática, coletando suas opiniões sobre a validade e viabilidade de aplicação da proposta no Ensino Médio.

Apresenta-se, ainda, as conclusões e recomendações da investigação.

Confio que este trabalho tenha uma boa acolhida e que seja mais uma contribuição para que o ensino de Matemática no Ensino Médio seja atraente e significativo e que, ao mesmo tempo, contribua para o conhecimento dos aspectos da Energia Solar, para esta ser melhor aproveitada, levando assim a melhorar a qualidade de vida no nosso planeta.

# **1 JUSTIFICATIVA, PROBLEMA, OBJETIVOS E METODOLOGIA**

## **1.1 Justificativa**

A falta de clareza por parte dos estudantes com relação ao papel da Matemática no conhecimento humano é um dos grandes responsáveis pelas dificuldades de que padece seu ensino. Há uma visão distorcida que inverte a relação fundamental existente entre os objetos matemáticos e a realidade concreta (Padrão Referencial de Currículo – SEC/RS, 1998).

Segundo D’Ambrósio (1986), o progresso científico e tecnológico predispõe a humanidade para a crescente incerteza de seus saberes. Assim, também a área de Matemática deve receber um tratamento especial, considerando a complexidade dessas relações estabelecidas no mundo e a rapidez com que se modificam, para que possa fornecer ao homem instrumentos para atuar no mundo de maneira mais eficaz, fazendo uso de habilidades, conceitos e algoritmos matemáticos úteis.

Ressalta-se, ainda, que o objetivo do ensino da matemática deve oferecer aos alunos “legítimas experiências” (D’Ambrósio, 1993). Segundo o autor, é através da vivência do processo social de tomada de decisão que os alunos terão oportunidade de analisar a Matemática como uma área que envolve investigação.

Conforme o Padrão Referencial de Currículo, da Secretaria da Educação do Estado do Rio Grande do Sul (1998), o educador matemático deve, entre outros:

- a) Privilegiar a construção de significados, sem deixar de lado a linguagem simbólica;
- b) Desenvolver a capacidade de matematizar situações reais;
- c) Estabelecer relações entre os diversos problemas, em diferentes contextos;

d) Realizar atividades articuladas com outras áreas do conhecimento.

Conforme o Padrão Referencial de Currículo (SEC/RS, 1998, p.14): “(...) os problemas a resolver são a fonte real do conhecimento e a resolução de problemas é também o critério para a aquisição de conhecimentos.”

Essa resolução de problemas permite, principalmente, a integração da matemática com outras áreas do conhecimento, oportunizando ao aluno vivenciá-la também como uma ferramenta indispensável para uso de todo e qualquer cidadão.

Um projeto global para o desenvolvimento da Matemática e de seu ensino não pode desvencilhar-se de uma visão realista entre teoria e prática. O movimento atual de reforma da educação matemática propõe, entre outras coisas:

a) O estudo pormenorizado, do ponto de vista histórico, do desenvolvimento da Matemática contemporânea, para que se possa compreender melhor as causas dos seus defeitos ou das suas debilidades atuais;

b) Do ponto de vista do reforço dos laços entre a teoria e a prática, a multiplicação dos institutos de Matemática que tratem de aplicações à indústria, à agricultura, à topografia, à medicina, etc., onde os matemáticos tenham que resolver, constantemente, problemas concretos que exigem a aplicação simultânea de diversos ramos da ciência.

Na verdade, em nenhuma outra área do conhecimento os vínculos entre teoria e prática são tão ricos como na Matemática. Tanto que a pretenciosa divisão dos profissionais entre matemáticos “puros” - aqueles responsáveis pela produção do conhecimento intelectual - e matemáticos “aplicados” - aqueles que injetam na realidade concreta o trabalho intelectual dos “puros” - está cada vez mais em decadência. A produção do saber, em qualquer setor do conhecimento, não pode pairar apenas na esfera intelectual, sendo impossível ocultar suas relações com a prática efetiva.

Em relação ao ensino, há uma falsa idéia de que somente alunos com dotes intelectuais são capazes de compreender a Matemática. O que deve ser questionada é a ênfase dada ao estudo de uma linguagem simbólica sofisticada e desatrelada do real, o que torna esta disciplina desinteressante e desmotivadora para um grande número de pessoas. Um ensino de Matemática aplicada apoiada no real, no concreto, poderá trazer de volta o interesse e mostrará o seu verdadeiro e fundamental papel na vida humana.

“Não há ramo da Matemática, por abstrato que seja, que não possa um dia vir a ser aplicado aos fenômenos do mundo real.” (Lobachevski apud Boyer, 1974, p. 387)

Por outro lado, nunca, como hoje, a percepção dos problemas da energia foi tão grande. Afetado pelos efeitos de uma crise energética que vem se prolongando, o homem tem buscado as alternativas capazes de proporcionar a energia de que tanto necessita (Bezerra, 1990).

É indiscutível que o crescimento vertiginoso do consumo de energia verificado durante muitos anos não pode continuar indefinidamente, pois existe um limite para as reservas de combustíveis fósseis.

Segundo Lutzenberger:

Ao contrário do que vem acontecendo, a energia será considerada algo precioso a ser usado com muito critério, nunca esbanjado. Talvez um dos maiores desastres para a Humanidade tenha sido o carvão e o petróleo barato. A energia barata deu vantagem à força bruta e afastaram do mercado as tecnologias realmente inteligentes. É inevitável, em futuro muito próximo, o aumento do custo de todas as formas de energia. (Lutzenberger, 1978, p.47)

Com a possível exaustão das reservas petrolíferas mundiais, os países altamente industrializados se lançaram em busca de novas tecnologias, entre elas a solar.

Segundo McVeigh (1979), a energia solar é de longe a fonte alternativa de energia mais atraente para o futuro, pois, além das suas características não poluentes, a quantidade de energia disponível para conversão é equivalente a várias vezes o atual consumo energético mundial.

Segundo Cometta:

A energia solar é uma forma de energia absolutamente pura; não dá origem à fumaça, nem escórias de nenhuma espécie (e muito menos, a escórias radioativas, que representam à incógnita mais grave que obstaculiza a difusão das centrais nucleares) e tampouco a descargas de gênero algum. (Cometta, 1982, p.30)

Destes pontos de vista, o aproveitamento da Energia Solar constitui uma forma de proteção do meio ambiente.

Segundo previsões da Energy Research and Developmental Administration apud Cometta (1982), baseadas na hipótese de uma sensível redução dos custos dos dispositivos de captação de energia solar, de modo a torná-la economicamente mais competitiva com as outras fontes, por volta de 2020, a energia solar fotovoltaica poderá suprir até 8,5% das necessidades, ao passo que aplicações térmicas diretas poderão superar 10% das necessidades.

E segundo parecer da Westinghouse Electric Corporation apud Cometta (1982), neste início de século já temos disponível a tecnologia necessária para tornar economicamente exequível uma central solar de geração de energia elétrica para fins de distribuição comercial.

Segundo Rovere (1994), Cavalcanti (1999) e Scarlato & Pontin (1998), os países do Terceiro Mundo, como o Brasil, precisam urgentemente iniciar uma ação integrada no sentido de desenvolverem as suas próprias tecnologias na área da energia alternativa, já que é exatamente nestes países que se encontra o maior potencial dessas fontes energéticas renováveis.

A crise de energia é um claro desafio às nações para que desenvolvam uma compreensão comum da interdependência de toda a vida humana de modo que as gerações futuras possam conviver em termos mais harmoniosos.

Portanto, neste trabalho, explicitaremos o estreito vínculo entre o conhecimento matemático e a realidade, através da Energia Solar e suas aplicações.

## **1.2 Problema da Investigação**

O atual ensino de Matemática tem produzido resultados preocupantes que revelam as marcas de um ensino mecanicista e sem significado para o aluno. Como favorecer um processo de ensino mais significativo de Matemática para o Ensino Médio utilizando os conceitos de Energia Solar?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

Utilizar conceitos de Energia Solar para desenvolver conteúdos de Matemática do Ensino Médio.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Integrar aos conteúdos de Matemática do Ensino Médio conceitos de sustentabilidade, utilizando a Energia Solar;
- Propor um projeto de Matemática e Educação Ambiental que desenvolva atividades didáticas para o Ensino Médio, que explorem problemas e descrevam resultados, utilizando representações ou modelos matemáticos com o tema Energia Solar;
- Verificar a viabilidade de aplicação do projeto.

### **1.4 Metodologia Aplicada na Investigação**

Para alcançar os objetivos propostos de investigar o planejamento de aulas de Matemática que possibilitem introduzir os conceitos de sustentabilidade utilizando a Energia Solar, no Ensino Médio, foram necessárias as seguintes ações:

1. Levantamento bibliográfico sobre o tema transversal Educação Ambiental e Energia Solar, com enfoque nos conceitos de Desenvolvimento Sustentável, conforme recomendações da Agenda 21.
2. Levantamento bibliográfico sobre Educação Matemática, com enfoque em novas alternativas metodológicas de ensino que propiciem uma aprendizagem mais significativa e mais motivadora para o estudante do Ensino Médio.
3. Levantamento bibliográfico, análise e relação dos conceitos de Energia Solar que são compatíveis com a disciplina de Matemática no Ensino Médio.

4. Elaboração de um projeto de ensino, aplicável ao Ensino Médio, com dez atividades didáticas utilizando os conceitos de Energia Solar que sejam adequados aos conteúdos de Matemática. Estas atividades foram organizadas de forma a serem inseridas no currículo desta disciplina, estabelecendo o maior número possível de relações com a Energia Solar e fazendo uso de conteúdos matemáticos para resolvê-los, interpretá-los e avaliá-los criticamente, pretendendo-se também envolver os participantes em pequenas pesquisas, individuais e em grupos, intra e extra-classe. Para melhor compreensão da temática em foco, em cada atividade, são apontados objetivos, conceitos, procedimentos e orientações metodológicas. Também foi utilizado um software de apoio didático, o Software Meteoro (Anexo B), que é pré-requisito para execução das três últimas atividades. Sua utilização traz várias vantagens, como a simulação de fenômenos que ocorrem entre a Terra e o Sol, que geram conceitos e modelos matemáticos, e a interação do usuário com o software.

5. Verificação da viabilidade de aplicação do projeto através de um questionário (Anexo A) com 20 perguntas em escala Likert e 4 perguntas abertas, junto a 21 professores de Matemática que atuam no Ensino Médio, em diversas regiões do Estado. Destes, 14 foram entrevistados quando participaram de um curso de aplicação do projeto, com duração de 4 horas, no 8º EGEM – Encontro Gaúcho de Educação Matemática, que realizou-se de 16 a 18 de outubro de 2003, em Pelotas. Todos os professores receberam o projeto, para leitura e análise, com todas as atividades sugeridas e o questionário, que permitiu evidenciar o interesse e as expectativas em relação ao projeto apresentado, bem como seus pontos positivos e negativos, e as perspectivas de trabalho futuro. O critério adotado para a escolha dos professores foi o tempo de atuação docente, pois acredita-se que a experiência docente permite uma avaliação mais crítica de propostas de metodologias.

6. Análise dos resultados obtidos junto aos professores pesquisados.

## **2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS**

### **2.1 Desenvolvimento Sustentável**

A partir do desenvolvimento tecnológico, urbano e industrial, ocorrido na humanidade no século passado, houve um crescimento acelerado da população, que levou à excessiva exploração dos recursos naturais e à contaminação de nosso ambiente como resultado de todos os processos de produção, transporte, consumo e resíduos. Grandes modificações nos ecossistemas foram observadas.

Apesar do desenvolvimento, as presumíveis melhorias para a humanidade são desfrutadas apenas por uma parte desta, o que, segundo Kassas & Polunin (1989), nos obriga a tentar analisar o porquê dessa situação, partindo da idéia de que o ser humano encontra-se imerso em uma intrincada rede, constituída de sistemas: a Biosfera, a Sociosfera e a Tecnosfera. Segundo o autor, a Biosfera é um grande sistema de partes funcionais e interdependentes que compreende o ar, os oceanos, a superfície e os seres vivos, incluindo a espécie humana, interagindo entre si e com o ambiente; a Sociosfera é o sistema artificial de instituições sociopolíticas, socioeconômicas e socioculturais desenvolvido pelo ser humano, para gerar as relações das comunidades com outros sistemas; e a Tecnosfera é o sistema de estruturas concretas criado pelo ser humano e submetido ao seu controle imediato, compreendendo os assentamentos humanos de aldeias e cidades, centros industriais e de energia, redes de transportes e comunicação, de canais e vias fluviais, de explorações agrícolas, etc.

Cada um dos três sistemas possui suas próprias leis de funcionamento, mas entre elas existem múltiplas inter-relações. A atual problemática ambiental é conseqüência de um desajuste entre elas. Ocorre quando a Sociosfera e a Tecnosfera pressionam a Biosfera com

uma enorme população, ávida de recursos e que, depois de utilizá-los, devolve dejetos não assimiláveis para esta, que assim se vê ameaçada. Já se comprovou, por isso, que de nada servem os meros ajustes tecnológicos, porque o que tem de mudar é a Sociosfera, isto é, o marco de relações (Pardo Díaz, 2002).

A sobrevivência da Biosfera e de nossa própria espécie depende do grau de equilíbrio que o ser humano consiga alcançar nas relações das três esferas nas quais está envolvido.

Entre as grandes ameaças que colocam em risco a Biosfera, destacam-se:

- a) As mudanças atmosféricas e climáticas, as chuvas ácidas, o efeito estufa e a redução da camada de ozônio;
- b) A destruição das florestas e da vegetação, decorrente das queimadas e das chuvas ácidas;
- c) A contaminação das águas e o mau uso dos recursos hídricos;
- d) A extinção de espécies e a perda da diversidade biológica.

No plano da Sociosfera, ao mesmo tempo, ocorreu uma degradação desigual das condições de vida, onde destacam-se os seguintes problemas:

- a) O da utilização de recursos, como conseqüência do consumo desproporcional entre países desenvolvidos, onde existe uma forte demanda, e os demais países, que destinam os seus recursos ao pagamento de dívidas externas;
- b) A geração de resíduos tóxicos e perigosos, principalmente os derivados da utilização da energia nuclear;
- c) A questão alimentar, conseqüência da urbanização ou de práticas agrícolas inadequadas;
- d) O crescimento demográfico e o deslocamento em massa de populações, gerando populosos centros urbanos, além de consumir muita energia e recursos.

Diante deste quadro, o mundo começou a refletir e a procurar soluções alternativas para uma sociedade viável e em equilíbrio com o ambiente, onde deveriam equilibrar-se as relações entre as três esferas mencionadas. Isto é, considerando a problemática ambiental, adotar um estilo de vida mais simples e solidário, em que o desejável seja progressivamente substituído pelo realmente necessário. Concomitantemente, espera-se uma evolução política na tomada de decisões e um novo modelo de desenvolvimento, onde a ética deve prevalecer.

Segundo o UICN, PNUMA e WWF (1991), devemos adotar modos de vida e caminhos de desenvolvimento que respeitem e funcionem dentro dos limites da natureza. Podemos realizar isso sem rejeitar os muitos benefícios trazidos pela moderna tecnologia, desde que a própria tecnologia funcione dentro desses limites.

Esta nova abordagem precisa atender a duas exigências fundamentais. Primeiro, é necessário assegurar um amplo e profundo compromisso com uma nova ética sustentável e traduzir na prática os seus princípios. Em segundo lugar, integrar conservação e desenvolvimento. A conservação para limitar as nossas atitudes à capacidade da Terra, e o desenvolvimento para permitir que as pessoas possam levar vidas longas, saudáveis e plenas em todos os lugares.

Esta proposta de modelo de desenvolvimento foi denominada Desenvolvimento Sustentável, e o importante Relatório Brundtland, publicado no final dos anos 80, consagrou o tema. Nesta época, já não mais se ignoravam os efeitos complicados da dinâmica industrial ao equilíbrio da biosfera, como a evidência do desgaste na camada de ozônio provocada pela liberação de C.F.C. (clorofluorcarbonetos) usado em desodorantes, *sprays* de cabelo, geladeiras e aparelhos de ar condicionado.

A ONU (Organização das Nações Unidas) divulgou a idéia de ser a sustentabilidade do desenvolvimento mais do que uma meta abstrata, uma possibilidade concreta. O conceito de limites enfrentou sérias dificuldades de sustentação teórica. Sobre a idéia de sustentabilidade, no entanto, que, de certa forma conduzia o conceito de limites, houve certa união de propósitos e objetivos. Como tese geral, acabou aceita por todos. O desenvolvimento, desde que obediente a certas precauções, poderia ser ilimitado.

Segundo Souza (2000), a conciliação proposta entre os interessados no progresso capitalista da indústria e a massa crescente de preocupados com as conseqüências do desgaste ecológico foi a tentativa de tornar compatível desenvolvimento e equilíbrio ecológico, contida no conceito de Desenvolvimento Sustentável. Este teria de ser o caminho: a sustentabilidade do progresso, ajustando o desenvolvimento aos limites dos ecossistemas. Para o autor, a sustentabilidade é o caminho de um futuro aberto pela ciência e pela tecnologia moderna.

O termo já foi considerado ambíguo e sujeito a uma vasta gama de interpretações, muitas das quais contraditórias, pois tem sido usado como termo intercambiável, como se o seu significado fosse o mesmo. A palavra “sustentável” é utilizada em diversas combinações, além de Desenvolvimento Sustentável: “sustentabilidade ecológica”, “atividade sustentável”,

“economia sustentável”, “utilização sustentável” ou “uso sustentável”, “crescimento sustentável” e “sociedade sustentável”.

A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – WCED, define Desenvolvimento Sustentável como o “*desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações atenderem às suas próprias necessidades*” (UICN, PNUMA e WWF, 1991, p. 4).

Outra definição bastante conhecida é de que o desenvolvimento é sustentável quando melhorar a qualidade de vida humana, respeitando a capacidade de suporte dos ecossistemas que nos mantêm (UICN, PNUMA e WWF, 1991).

Para Souza:

O Desenvolvimento Sustentável, embora com múltiplas e às vezes até incoerentes definições, possui um núcleo comum. (...) A tônica das preocupações volta-se para o ângulo do progresso continuado. Afasta-se da visão preservacionista. Dominam as preocupações com os problemas de abertura e alargamento da fronteira de emprego, equilibrando-se o processo com as necessidades do meio ambiente natural. Busca-se o equilíbrio social. (Souza, 2000, p. 203)

No Relatório Brundtland, Desenvolvimento Sustentável foi empregado com sentido implícito na segunda vertente. Seu objetivo envolve a busca de um caminho para melhorar a qualidade da vida humana, dentro dos limites da capacidade dos diversos ecossistemas que servem de base física aos esforços de desenvolvimento, sem prejudicar o direito das próximas gerações.

Já a sustentabilidade ecológica prioriza o equilíbrio natural. Implica uma perspectiva preservacionista. Nem sempre é conciliável com as demandas objetivas do processo econômico.

Uma atividade é sustentável se, na prática, ela pode continuar indefinidamente. No entanto, quando se estabelece uma atividade como sustentável, faz-se com base naquilo que se tem conhecimento no momento. Não pode haver qualquer garantia de sustentabilidade a longo prazo, porque muitos fatores são ainda desconhecidos ou imprevisíveis.

Uma economia sustentável é produto do Desenvolvimento Sustentável. Ela deve manter sua base de reservas naturais. Pode continuar a se desenvolver por meio da adaptação e da melhoria de conhecimento, organização, eficiência técnica e sabedoria.

Utilização sustentável ou uso sustentável, por outro lado, é um conceito bem mais restrito. Não é possível aplicá-lo como referencial para políticas gerais, porque refere-se apenas a recursos renováveis. Significa utilizá-los em taxas que se limitem à sua capacidade de renovação. Não pode haver uso sustentável para materiais não renováveis. É contraditório, pois o que não é renovável, uma vez usado, esgota-se para sempre.

Crescimento sustentável, em termos, também é uma contradição, porque nada que é físico pode crescer indefinidamente.

Uma sociedade sustentável é, segundo o UICN, PNUMA e WWF (1991), aquela que vive segundo os nove princípios seguintes:

- a) Respeitar e cuidar da comunidade dos seres vivos;
- b) Melhorar a qualidade da vida humana;
- c) Conservar a vitalidade e diversidade do planeta;
- d) Minimizar o esgotamento de recursos não renováveis;
- e) Permanecer nos limites da capacidade de suporte do planeta;
- f) Modificar atitudes e práticas pessoais;
- g) Permitir que as comunidades cuidem de seu próprio meio ambiente;
- h) Gerar uma estrutura nacional para a integração de desenvolvimento e conservação;
- i) Construir uma aliança global.

Os mesmos autores também recomendam ações necessárias para a aplicação dos princípios citados nos setores mais familiares ao meio ambiente e suas políticas. Estes setores são:

- a) Energia;
- b) Negócios, indústria e comércio;
- c) Assentamentos humanos;
- d) Áreas agrícolas e pastagens;
- e) Áreas florestais;
- f) Água doce;
- g) Oceanos e áreas costeiras.

Destaca-se, particularmente, o item energia, fundamental para o desenvolvimento. Sua produção e uso podem provocar sérios impactos ao meio ambiente. As ações necessárias para reduzir os impactos energéticos são:

- a) Estratégias energéticas de longo prazo em todos os países;
- b) Aumento de eficiência na geração de energia a partir de combustíveis fósseis e maior uso de fontes alternativas de energia, particularmente as renováveis;
- c) Aumento de eficiência na distribuição de energia;
- d) Redução no uso de energia per capita em todos os setores, e grande aumento de eficiência no uso doméstico, industrial, empresarial e de transporte.

Neste conjunto de ações úteis para melhorar a situação social e a qualidade da vida humana, sob a perspectiva do Desenvolvimento Sustentável, sugere-se um lugar destacado para os projetos de Educação Ambiental, especialmente nas escolas, com o objetivo de aumentar de modo significativo a massa crítica dos que passam a entender as dimensões das questões ambientais, tendo sempre em vista a participação dos cidadãos na solução dos problemas ambientais.

Neste sentido, nos últimos 30 anos, ocorreram várias conferências e comissões internacionais, campanhas nacionais, declarações políticas, manifestos e pronunciamentos científicos, gerando diversos relatórios, documentos e planos de ação para resolver os problemas ambientais e disciplinar o tema Educação Ambiental.

Começa-se por conceituar e esclarecer a história do esforço conhecido como Educação Ambiental.

## **2.2 Educação Ambiental**

A Educação Ambiental é um processo de reconhecimento ambiental de valores e classificação de conceitos, objetivando o desenvolvimento das habilidades e modificando as atitudes em relação ao meio, para entender e apreciar as inter-relações entre os seres humanos, suas culturas e seus meios biofísicos. A Educação Ambiental também está relacionada com a prática das tomadas de decisões e a ética que conduzem para melhoria da qualidade de vida (UNESCO & PNUMA, 1980).

A Educação Ambiental deve ter um modelo autêntico, adequado, profundo e durável, que ultrapasse a banalização das análises simplistas das questões ambientais e tenha uma reflexão pedagógica mais profunda (Sauvé, 1996). A Educação Ambiental, dentro de sua perspectiva holística, tem uma intencionalidade, que é gerar novos vínculos com o ambiente imediato, seja ele natural ou construído, através de uma ética particular.

A Educação Ambiental fomenta novas atitudes nos sujeitos sociais e novas decisões dos Governos, guiados pelos princípios da sustentabilidade ecológica, da valorização da diversidade cultural, através da racionalidade econômica e do planejamento do desenvolvimento. Ela implica educar para formar um pensamento crítico, reflexivo, capaz de analisar as complexas relações da realidade natural e social, para atuar no ambiente dentro de uma perspectiva global, mas diferenciado pelas diversas condições que a definem (Leff, 1995).

Segundo Trajber & Costa (2001), o Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global, adotado pelo Fórum Internacional de ONGs em 1992, destaca que a Educação Ambiental é um ato político, baseado em valores para a transformação social. Estimula a formação de sociedades socialmente justas e ecologicamente equilibradas, fundadas na solidariedade, na igualdade e no respeito à diversidade étnica e cultural.

A Educação Ambiental é uma educação política, fundamentada numa filosofia política, da ciência e da educação antitotalitária, pacifista e mesmo utópica, no sentido de exigir e chegar aos princípios básicos de justiça social, buscando uma nova aliança com a natureza através de práticas pedagógicas dialógicas (Prigogine & Stengers, 1997).

Para Torres Santomé (1996), a Educação Ambiental deve ser trabalhada em uma perspectiva que permita contribuir na formulação de respostas à sociedade em seu conjunto. Não se trata, simplesmente, de conservar a natureza como um marco do Desenvolvimento Sustentável, mas sim de construir novas realidades e novos estilos de desenvolvimento que permitam as manifestações da diversidade natural e cultural, do desenvolvimento de potencialidades individuais e coletivas.

Para Leff (1995), a Educação Ambiental implica um processo de reflexão e tomada de consciência dos processos ambientais emergentes, que conduzem à participação e ao resgate da cidadania nas tomadas de decisões, conjuntamente com a transformação dos métodos de investigação e formação, através dos enfoques interdisciplinares. A Educação Ambiental

também propõe gerar a percepção crítica, visando uma intervenção e uma metodologia autônoma na direção de estratégias de desenvolvimento e conseqüente melhoria na qualidade de vida.

A Educação Ambiental questiona as tendências mais gerais da educação contemporânea, que se baseiam na transmissão de conteúdos científicos (originados na ciência clássica e no positivismo), nos métodos ditos modernos e sem reflexão crítica, nos meios tecnológicos (do computador ao vídeo) e no populismo cultural que considera sempre válido todo conhecimento originado nas camadas sociais mais pobres.

Segundo Souza:

A Educação Ambiental terá de ser composta num modelo transdisciplinar, com visão crítica orientada para compreender os mecanismos que ameaçam a continuação da vida, responsáveis pela incompetência histórica do sistema. Somente com este tipo de saber poderemos recuperar a percepção perdida, a de totalidade. (Souza, 2000, p. 222)

Assim, o desafio da Educação Ambiental é sair da ingenuidade e do conservadorismo a que se viu confinada e propor alternativas sociais, considerando a complexidade das relações humanas e ambientais.

Segundo Reigota:

[...] o quadro ao mesmo tempo impressionista e surrealista da educação e do meio ambiente latino-americano exige que a Educação Ambiental enfrente o desafio da mudança de mentalidade sobre as idéias de modelo de desenvolvimento baseado na acumulação econômica, no autoritarismo político, no saque aos recursos naturais, no desprezo às culturas e aos direitos fundamentais do homem. (Reigota, 1998, p.61)

Reigota destaca ainda que:

A Educação Ambiental é uma proposta que altera profundamente a educação como a conhecemos, não sendo voltada para a transmissão de conhecimentos sobre ecologia. Trata-se de uma educação que visa não só a utilização racional dos recursos naturais (para ficar só nesse exemplo), mas basicamente a participação dos cidadãos nas discussões e decisões sobre a questão ambiental. (Reigota, 1998, p. 10)

Afirma também que a Educação Ambiental deve procurar estabelecer uma “nova aliança” entre a humanidade e a natureza, uma “nova razão” que não seja sinônimo de autodestruição e estimular a ética nas relações econômicas, políticas e sociais. Ela deve se basear no diálogo entre gerações e culturas em busca da tripla cidadania: local, continental e planetária, e de liberdade na sua mais completa tradução, tendo implícita a perspectiva de uma sociedade mais justa tanto em nível nacional quanto em nível internacional.

A prática de Educação Ambiental se justifica se ela colabora na busca e construção de alternativas sociais, baseadas em princípios ecológicos, éticos e de justiça, para com as gerações atuais e futuras.

O surgimento da Educação Ambiental e as suas perspectivas acompanham o histórico das concepções de desenvolvimento e ambiente. Segundo Gayford & Dorion (1994), o termo “Educação Ambiental” surgiu por volta de 1965 e remetia-se à uma definição mais relacionada com a preservação dos sistemas de vida.

Igualmente, em 1970, a União Internacional de Conservação à Natureza (IUCN) fez a primeira definição internacional, limitando a Educação Ambiental para a conservação da biodiversidade (Sato & Santos, 1996). Ao invés de ser objeto de discussão nas escolas, a Educação Ambiental veio como um “pacote” dos órgãos governamentais, normalmente associados aos ministérios e secretarias do ambiente. Com a ajuda da mídia, até hoje ela está muito mais relacionada com os aspectos de proteção da natureza.

Essa tendência da Educação Ambiental pode ser remetida ao que Morín (1996) chama de “imprinting”. Ele considera que o fenômeno atinge as escolas e as universidades, sendo difícil abandoná-lo. A intervenção daqueles que sofreram menos imprinting, isto é, aqueles que consideram a Educação Ambiental um processo educativo, será considerada como dissidente ou discordante. Todavia, quando pensamos nos discursos e nas práticas realizadas em Educação Ambiental sob a ótica do imaginário e da invenção, percebemos que ela deve articular os diversos eixos, exigindo uma competência polivalente, capaz de destruir o modelo cartesiano e instaurar um novo paradigma (Morín, 1996).

Segundo Sato & Santos (1996), a década de 70 assistiu às experiências e implementações pioneiras da Educação Ambiental, infelizmente, ainda com marcas do imprinting, reservada em suas dimensões naturais. A década de 80 permitiu que a Educação Ambiental sofresse modificações conceituais, juntamente com inúmeras instituições ambientalistas, que buscavam as suas ampliações. Internacionalmente e nacionalmente,

diversos eventos foram realizados e a Agenda 21 (Sato & Santos, 1996) destaca a importância da Educação Ambiental, não somente em seu capítulo 36, mas em todos os seus 40 capítulos de ações e estratégias para o desenvolvimento da humanidade. Assim, na década de 90, com o surgimento do periódico “Environment Education Research” e outros artigos internacionais em Educação Ambiental, observa-se uma nítida orientação da Educação Ambiental para a sustentabilidade (Sterling, 1990 e Tilbury, 1995), além de outros autores e órgãos internacionais como a IUCN, WWF, UNESCO e PNUMA (1991).

### **2.2.1 Encontros Internacionais**

Existem importantes antecedentes para o surgimento da Educação Ambiental e sua utilização como projeto educativo. Citamos a criação, em 1948, na França, da União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), e em 1961, do Fundo Mundial para a Vida Silvestre (WWF).

Somente por volta de 1970 a Educação Ambiental foi sendo percebida dentro de uma concepção mais abrangente, com duas conferências internacionais de grande impacto que iniciaram o caminho da Educação Ambiental: a Conferência da Biosfera, realizada em Paris, em 1968, e a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972. Neste mesmo ano surgia o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e, em 1975, o Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA). Ambos representaram avanços significativos em aspectos como o intercâmbio de informações, pesquisas e elaboração de materiais educativos.

Na Conferência de Estocolmo teve origem o termo Ecodesenvolvimento (Sachs, 1986), que seria posteriormente substituído pelo termo desenvolvimento sustentado, após o relatório Brundtland, de 1987. Pretendia-se, acima de tudo, introduzir uma perspectiva nova para o planejamento econômico. Torná-lo sensível para a adoção de técnicas adaptáveis ao nível cultural das pequenas comunidades rurais do terceiro mundo. O Ecodesenvolvimento também abordava o problema da democratização de processos e métodos educativos. Mas não pôde ser alternativa válida, porque o desenvolvimento não poderia ter seu alcance prático limitado às zonas rurais do terceiro mundo.

E após a reunião do Clube de Roma, em 1968, e da Conferência de Estocolmo, em 1972, a problemática ambiental passou a ser analisada na sua dimensão planetária. Uma das resoluções da Conferência de Estocolmo apontava para a necessidade de se realizar a Educação Ambiental, tendo em vista a participação dos cidadãos na solução dos problemas ambientais. Destacava o ser humano como o principal protagonista na manutenção do planeta.

Em 1975, a UNESCO, organismo encarregado de divulgar e promover a Educação Ambiental, organizou em Belgrado a primeira reunião de especialistas em educação e áreas afins ligadas ao meio ambiente, para definir os seus objetivos, conteúdos e métodos. Nessa reunião foi elaborado o documento básico da Educação Ambiental, conhecido como Carta de Belgrado, que tinha o propósito de dar aos projetos de Educação Ambiental um mínimo de identificação conceitual. O Seminário Internacional sobre Educação Ambiental de Belgrado declarou o caráter interdisciplinar da Educação Ambiental, isto é, que ela não poderia ser reivindicada por apenas uma área do conhecimento.

Mais adiante, foram promovidos pela UNESCO dois congressos mundiais sobre Educação Ambiental. A Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, considerada a mais importante, foi realizada em 1977, em Tbilisi, na Geórgia (ex-URSS). E o Congresso Internacional sobre Educação e Formação Ambiental, realizado em 1987, em Moscou.

Na Conferência de Tbilisi, a Educação Ambiental livrou-se, pela primeira vez, da limitação físico-natural, abrindo espaços para a compreensão da sociedade. Indicou claro avanço na linha da transdisciplinaridade. Qualquer projeto educativo, para ganhar em eficiência prática, teria de incorporar contribuições de disciplinas tradicionais, antes isoladas em sua perspectiva crítica e agora convocadas para produzir sínteses criativas indispensáveis à compreensão do sistema social como um todo.

Segundo Souza (2000), a conclusão aceita nas discussões finais foi a de que Educação Ambiental não pode ser uma disciplina nova nos currículos escolares. Teria de ser a síntese criativa de uma nova abordagem, de caráter transdisciplinar, sustentadas pelas informações e saber acumulados, dispersos pelas diversas especialidades. Teria de ser um ponto de cruzamento e não de dispersão destas informações.

No Congresso de Moscou foi proposto a definição de objetivos e a busca de novos meios que permitissem aos indivíduos serem mais conscientes, responsáveis e preparados para fazer frente aos desafios da preservação do meio ambiente, tornando mais operacionais

as reflexões da Conferência de Tbilisi. Elaborou-se uma estratégia para a introdução da educação e formação ambiental na década de 90, baseado em planos de estudo para todos os níveis de ensino e elaboração de material didático de qualidade.

Neste mesmo ano (1987) foi publicado o Relatório Brundtland, documento básico para a organização das informações e de popularização da Educação Ambiental, e a busca de soluções viáveis economicamente e aceitáveis sob o ponto de vista político, sintetizadas na opção pela sustentabilidade. O documento indicou que havia a necessidade imperativa de um esforço sistemático e amplo de Educação Ambiental. Por outro lado, reconheceu-se que as divergências eram tão profundas que se tornava necessário tentar alguma forma de acordo sobre o que poderia ser o currículo básico e os objetivos fundamentais da Educação Ambiental. O relatório foi apresentado à Assembléia Geral da ONU, em 1987, e a Fundação Getúlio Vargas o publicou em português, no ano seguinte, com o nome de Nosso Futuro Comum.

Souza observa que:

O conceito básico, o de ser possível a sustentabilidade, foi proposto ante a consciência ecológica do mundo, desde o início da década de 70. Talvez não tenha sido propriamente uma resposta ao Clube de Roma, mas a evolução, em linha de pensamento próprio, de uma filosofia social da modernidade que muitos consideram simples utopismo tecnológico. O básico nesta postura ante o futuro é aceitar que o avanço da tecnologia irá resolver os problemas atuais e encontrar a linha da sustentabilidade. (Souza, 2000, p. 163)

Foi esta nova visão de mundo que dominou na década de 80, culminando no Relatório. Desde então veio ganhando força crescente, e diante do agravamento acelerado da crise ambiental, que a década de 80 veio a revelar, a busca da sustentabilidade ganhou, na década de 90, o perfil de uma exigência imperativa da sobrevivência.

A sustentabilidade foi a proposta central da Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992, no Rio de Janeiro, que ficou conhecida como ECO-92, e culminou em um farto receituário de medidas indispensáveis e consideradas possíveis, para garantir a sustentabilidade no século XXI, a Agenda 21. Este documento representou a adoção de uma estratégia global, como instrumentalização de uma política ambiental em nível mundial. Partiu da situação de disparidades no mundo, com o agravamento da pobreza, da fome, das doenças e do analfabetismo, e com a contínua piora dos ecossistemas dos quais depende o bem-estar humano. Estabeleceu uma série de áreas de programas integrados em

diferentes âmbitos, das dimensões sócio-econômicas à conservação e gestão dos recursos para o desenvolvimento.

Do ponto de vista educativo, houve uma reorientação da Educação Ambiental como instrumento a serviço do Desenvolvimento Sustentável. Educação, conscientização e capacitação são as três grandes áreas de programas que constituíram o novo marco de ação em escala mundial. Receberam destaque, nestas três áreas, a transferência e assimilação de novas tecnologias.

Os debates e encontros internacionais que ocorreram após a Conferência do Rio, adotaram definitivamente os aspectos ligados ao desenvolvimento e a ética em relação ao meio ambiente.

A Conferência do Meio Ambiente e Desenvolvimento deu origem a duas convenções importantes: a do Clima e a da Biodiversidade. A Convenção do Clima foi assinada em 1992 e embora não fosse considerada muito operacional, está se operacionalizando (Goldenberg, 1999), como demonstram os protocolos que vieram depois, como o Protocolo de Kyoto.

Toda esta nova visão de mundo e seus aspectos, sintetizados no conceito de Desenvolvimento Sustentável, fez aumentar o respeito social pelo meio ambiente natural, alterou o direito, assim como aumentou, de forma acelerada, sua capacidade de influência sobre a comunidade empresarial e sobre o universo pragmático da política.

O quadro abaixo (Calvo & Corraliza, 1994 apud Pardo Díaz, 2002, p. 27) mostra a evolução dos ideais e concepções ambientais no século passado, como reflexo das variações conceituais e de valores no que se refere ao meio ambiente:

Tabela 1 - Evolução das concepções ambientais

DATA	VALOR SOCIAL	MEIO AMBIENTE	PRINCÍPIO
1900	Progresso/Tecnologia	Parques ou santuários	Estética
1960	Qualidade de vida = Consumo	Tratamento da contaminação	Bem-estar
2000	Preservação	Desenvolvimento Sustentável	Ética

A tabela mostra que, em um primeiro momento, prevaleceu a idéia de conservação de ambientes especialmente destacados e de forte componente estético. Em um segundo momento, a proteção foi se vinculando a uma certa qualidade de vida e bem-estar, relacionados com a saúde humana. E no momento atual, abre-se caminho para uma reflexão mais integradora e de compromisso, que exige uma aproximação ética.

Em 2002, tivemos a Assembléia Geral das Nações Unidas, que fez um evento especial comemorando os dez anos da Conferência do Rio. A Comissão de Desenvolvimento Sustentável foi encarregada de preparar relatórios sobre temas que dizem respeito à sustentabilidade. Entre os temas analisados, uma questão central foi a da energia.

A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, ou Rio+10, como foi chamada, realizou-se em Johannesburgo, na África do Sul, e provocou frustração devido aos escassos consensos e metas estabelecidas a serem alcançadas em nível mundial. No entanto, houve avanços em algumas áreas, como a de energias renováveis, apesar da não aprovação da proposta brasileira de meta global de 10% de energias renováveis até 2010. Deu-se mais ênfase a esse assunto do que a própria Agenda 21, e admitiu-se metas regionais e nacionais para as energias renováveis, principalmente as energias solar e eólica. O PNUMA lançou, na Cúpula, uma pioneira rede global de centros para o desenvolvimento de energia alternativa, a Rede Global sobre Energia para o Desenvolvimento Sustentável, inaugurada com dez centros em nações desenvolvidas e em desenvolvimento, como Índia, Argentina e África do Sul.

O objetivo desses centros é auxiliar a promoção de pesquisas, de transferência de informações e de lançamento de tecnologias de energia limpa para o mundo em desenvolvimento.

Houve avanços nas cinco áreas chaves. Além da energia, também a água, a saúde, a agricultura e a biodiversidade.

Outros sucessos da Cúpula foram obtidos com importantes acordos sobre emissões de esgoto, substâncias químicas, áreas de proteção marinha, redes de comunicação, sistemas de comércio multilateral e normas ambientais.

### **2.2.2 Educação Ambiental nos Parâmetros Curriculares Nacionais**

Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (MEC, 1999), a Educação Ambiental deve ser desenvolvida com o objetivo de auxiliar os alunos a construir uma consciência global das questões relativas ao meio para que possam assumir posições afinadas com os valores referentes à vida. Para que os alunos possam compreender a complexidade ambiental é fundamental oferecer-lhes uma visão abrangente que englobe diversas realidades e, ao mesmo tempo, uma visão contextualizada da realidade ambiental, o que inclui, além do meio biofísico, as condições sociais.

Para que possamos atingir esse fim é necessário conhecermos o conjunto das relações na natureza para compreender o papel fundamental das ciências naturais nas decisões importantes sobre os problemas ambientais.

Entretanto, um conhecimento profundo dessas relações só é possível mediante sucessivas aproximações dos conceitos, procedimentos e atividades relativas à temática ambiental, observando-se as possibilidades intelectuais dos alunos, de modo que, ao longo da escolaridade, o tratamento dos conceitos de interesse geral ganhe profundidade.

Temos presenciado muita divulgação sobre problemas ambientais que, sem dúvida, tem contribuído para que as populações estejam alertas. Mas a simples divulgação não assegura a aquisição de informação e conceitos referendados pelas ciências. Ao contrário, é bastante freqüente a banalização do conhecimento científico e a difusão de visões distanciadas ou distorcidas sobre a questão ambiental, como, por exemplo, o emprego de ecologia como sinônimo de meio ambiente.

A partir do senso comum, os indivíduos desenvolvem representações sobre o meio ambiente pouco rigorosas do ponto de vista científico. É papel da escola provocar a aquisição dos conhecimentos, valorizando-os sempre e buscando enriquecê-los com informações científicas.

Como conteúdo escolar, a temática ambiental permite apontar para as relações recíprocas entre sociedade e ambiente, marcadas pelas necessidades humanas, seus conhecimentos e valores. As questões específicas dos recursos tecnológicos, intimamente relacionados às transformações ambientais, também são importantes conhecimentos a serem desenvolvidos.

Segundo Medina & Santos:

A aprendizagem de valores e atitudes é pouco explorada do ponto de vista pedagógico. Há estudos que apontam a importância da informação como fator de transformação de valores e atitudes. Conhecer os problemas ambientais e saber de suas conseqüências desastrosas para a vida humana é importante para promover uma atitude de cuidado e atenção a essas questões, valorizar ações preservacionistas e aquelas que proponham a sustentabilidade como princípio para a construção de normas que regulamentem as intervenções econômicas. (Medina & Santos, 1999, p. 13)

O tema transversal Meio Ambiente traz a discussão a respeito da relação entre os problemas ambientais e fatores econômicos, políticos, sociais e históricos. São problemas que acarretam discussões sobre responsabilidades humanas, voltadas ao bem estar comum e ao Desenvolvimento Sustentável, numa perspectiva de reversão da crise sócio-ambiental planetária. Sua discussão completa demanda fundamentação em diferentes campos do conhecimento. Assim, tanto as ciências humanas quanto as naturais contribuem para a construção de seus conteúdos.

Em coerência com os princípios da Educação Ambiental (tema transversal Meio Ambiente), aponta-se a necessidade de reconstrução da relação homem-natureza, a fim de derrubar definitivamente a crença do homem como senhor da natureza e alheio a ela, e amplificando-se o conhecimento sobre como a natureza se comporta e a vida processa (MEC - Parâmetros Curriculares Nacionais, 1999).

Dentro da concepção do Ministério de Educação e Cultura, as áreas específicas constituem importantes marcos estruturados, essenciais para garantir a possibilidade de participação do cidadão na sociedade. Entretanto, não há dúvidas de que há problemas sociais urgentes que não estão suficientemente contemplados nas áreas clássicas.

Desta forma, a transversalidade remete à concepção da interdisciplinaridade. De acordo com o MEC (1999), as transversalidade e a interdisciplinaridade apostam na complexidade do real e na necessidade de se considerar a teia de relações entre seus diferentes aspectos, mas diferem uma da outra, uma vez que a interdisciplinaridade refere-se a uma abordagem epistemológica dos objetos de conhecimento, enquanto que a transversalidade diz respeito, principalmente, à dimensão didática.

Na prática pedagógica, interdisciplinaridade e transversalidade alimentam-se naturalmente, pois o tratamento das questões pelas transversais expõe as inter-relações entre os objetos de conhecimento, de forma que não é possível fazer um trabalho pautado na transversalidade tomando-se uma perspectiva disciplinar rígida. Os temas transversais dão

sentido a procedimentos e conceitos próprios das áreas convencionais, superando assim o aprender apenas pela necessidade escolar (MEC, 1999).

É nesse contexto que a Educação Ambiental aparece como transversal, baseada no pressuposto de que a dimensão ambiental também engloba os aspectos sociais, econômicos e políticos. Os Parâmetros Curriculares Nacionais trazem uma orientação bastante importante, particularmente no desenvolvimento de projetos escolares que vivem a mudança na prática pedagógica em relação ao processo de ensino-aprendizagem. A abordagem é sobre os conceitos, ao invés de conteúdos, e a orientação das pesquisas está focada nos parâmetros que valorizem:

- a) A discussão sobre os valores e atitudes que não sejam lineares e que acertem as contradições das realidades multifacetadas;
- b) A avaliação de matérias pedagógicas utilizadas pelas escolas;
- c) A promoção da autonomia subordinada à democracia;
- d) A integração da escola com a comunidade, num processo de reflexão para a cidadania.

### **2.3 Educação para o Desenvolvimento Sustentável**

A educação visando o Desenvolvimento Sustentável se fundamenta, principalmente, nos aspectos sócios-éticos e não nos produtivos e econômicos, sendo que estes dois últimos são subordinados aos dois primeiros, ou seja, só se poderá fazer com uma educação que se integre com o desenvolvimento e com um desenvolvimento que se integre com a educação.

A educação passa a adquirir novos significados (Medina & Santos, 1999) no processo de construção de uma sociedade sustentável, democrática, participativa e socialmente justa, capaz de exercer efetivamente a solidariedade com as gerações presentes e futuras. Esta é uma exigência indispensável para a compreensão do binômio “local-global” e para a preservação e conservação dos recursos naturais e socioculturais, patrimônios da humanidade.

Desta forma, e diante da complexidade dos problemas mundiais contemporâneos, o cidadão deve receber uma educação que, como diz Serres (1990, 1991), enfatize a “mestiçagem”. A “mestiçagem” de culturas, de conhecimentos de origens diversas, de estilos

de vida diferentes dos padrões estabelecidos como os mais corretos. A educação deve ser praticada procurando produzir, e não apenas transmitir conhecimento.

Esta educação “mestiça” e pós-moderna coloca em xeque todo o sistema educativo fundamentado na produtividade e na transmissão de conteúdo científico baseado na ciência clássica. A instituição é pensada, segundo Maturana, como um:

[...] espaço de ação e reflexão dos seus estudantes, de modo que estes nunca percam de vista, nem a sua responsabilidade ética em relação à comunidade (país, nação) que torna possível sua existência, nem sua responsabilidade ecológica com respeito ao ambiente em que esta se dá. (Maturana apud Cox, 1990, p. 173)

Segundo Stengers (1990), para a educação, a proposta da “nova aliança” considera que, para a apropriação do conhecimento científico, é necessário um aprendizado do corpo. Não se trata de transmitir conteúdos, conceitos e o método científico experimental, mas sim aprender a olhar e a ler indícios e o aleatório, entender a ciência como criatividade e atividade que permite integrar a arte e os diferentes conhecimentos (científicos e tradicionais).

Segundo Reigota (1998), a ciência ensinada é carregada de autoridade e de validação, que traduz a velha forma de se fazer ciência. Seria muito importante o público ter acesso às controvérsias científicas, pois elas são sempre mais interessantes que os seus resultados.

Prigogine & Stengers (1997), também procura chamar a atenção para a importância dos sentidos e da subjetividade nas atividades científicas e cotidianas com a natureza, abandonando o paradigma racionalista de ciência e de exploração dos recursos naturais.

A educação, baseada nesta concepção de ciência, procura, como observa Teixeira:

[...] levantar as pequenas histórias, as histórias individuais, dos homens entre si e com a natureza, que não fazem parte da história oficial, pois é nessa outra realidade que ocorrem os fatos aparentemente não significativos, banais, não lógicos, não racionais, em suma, tudo o que acontece fora dos limites dos regulamentos e normas [...] (Teixeira, 1990, p. 49)

Esse tipo de processo educativo não hierarquiza o saber científico e o conhecimento popular e étnico, não separa razão e subjetividade, não qualifica o conhecimento aprendido, não separa a arte da ciência. Permite avanços, recuos e paradas, já que considera o pessoal e o intransferível de cada um, independente do seu papel como aluno ou como professor.

Desta forma, as práticas educativas voltadas para as questões ambientais devem objetivar e ser perpassadas pela intencionalidade de promoção e pelo incentivo ao desenvolvimento de conhecimentos, valores, atitudes, comportamentos e habilidades que contribuam para a sobrevivência, a participação e a emancipação.

Esta educação de atitudes e valores, intrínseca à Educação Ambiental, sempre esteve presente no sistema educativo, ainda que de uma maneira implícita. Agora, faz-se explícita e se incorpora como um conteúdo próprio da ação educativa escolar.

O sistema educativo, igual ao sistema sociocultural no qual se insere, encontra-se afetado em seu conjunto pela crise generalizada do mundo atual. Esta própria crise coloca a necessidade de modelos alternativos que possam substituir as estruturas do sistema vigente.

Segundo Medina & Santos:

A própria sociedade – seus responsáveis políticos, seus agentes educacionais e os próprios usuários do sistema educacional – não acredita que as reformas introduzidas ao longo da segunda metade do século XX, em função da crise estabelecida, tenham conseguido alcançar os objetivos desejados de melhoria qualitativa e quantitativa da educação. (Medina & Santos, 1999, p. 20)

Medina & Santos salientam ainda que:

Não necessitamos de um sistema educativo orientado para a manutenção do “status quo”, [...] mas de ambientes educativos flexíveis e funcionais, onde os jovens e os adultos possam entrar em contato com conceitos e idéias relevantes para seu presente e futuro. Necessita-se de uma mudança fundamental na maneira de pensarmos acerca de nós mesmos, nosso meio, nossa sociedade e nosso futuro; uma mudança básica nos valores e crenças que orientam nosso pensamento e nossas ações; uma mudança que nos permita adquirir uma percepção holística e integral do mundo com uma postura ética, responsável e solidária. (Medina & Santos, 1999, p. 18)

Assim, a situação atual, caracterizada por novas necessidades sociais, exige a implantação de dimensões educativas mais eficientes e democráticas.

Em todas elas deve-se dar ênfase ao componente ético e orientado à transformação dos comportamentos: a educação para a paz, para a saúde, a educação do consumidor, a Educação Ambiental que, de certo modo, reúne todas. Essas novas dimensões, por sua vez, obrigam a

restabelecer conteúdos, atitudes, metodologias e incluem, em resumo, o sentido e o enfoque da educação, o “para quê”, o “para quem” e o “como” educar.

Para Trajber & Costa:

Uma exigência fundamental para a compreensão das questões ambientais, consideradas em sua abrangência e profundidade, é superar o enfoque estritamente disciplinar, sem dispensar a contribuição específica de cada disciplina para o conhecimento. Tal superação requer uma postura essencialmente dialógica, tolerante, participativa e com pleno envolvimento. (Trajber & Costa, 2001, p. 33)

Neste sentido, Trajber & Costa observam que:

A construção de processos interdisciplinares é uma tarefa aparentemente impossível em sociedades marcadas pela fragmentação e pelo individualismo, típicos da modernidade pós-tradicional. Apesar disso, no momento histórico contemporâneo estão surgindo novas idéias, não ingênuas, proclamadas como utópicas, que nos permitem acreditar na concretização dessa possibilidade. A Educação Ambiental envolve-se na formação das pessoas na busca dessa utopia, considerando-a viável. (Trajber & Costa, 2001, p. 34)

Deste modo, deve incorporar critérios socioambientais, ecológicos, éticos e estéticos, nos objetivos didáticos da educação, pretendendo construir novas formas de pensar incluindo a compreensão da complexidade, das emergências e das inter-relações entre os diversos subsistemas que compõem a realidade.

A Educação Ambiental, então, seria uma forma de intervenção na problemática ambiental, mediada por projetos definidores de programas educativos. O educador ambiental, por sua vez, deve estar imbuído de uma intencionalidade emancipatória e manter-se fiel a um compromisso filosófico com enfoque transformador no que se refere à relação dos seres humanos com a natureza (Trajber & Costa, 2001).

Segundo Hutchison:

Os projetos de Educação Ambiental e os programas experimentais constituem a maior das tentativas dos educadores de abordar a crise ambiental e explorar as relações entre seres humanos e a natureza com os alunos. Além do programa tradicional de estudo do meio ambiente, é possível distinguir outra importante abordagem popular à Educação Ambiental, na qual os temas ligados ao ambiente são integrados às disciplinas tradicionais, como Matemática, Geografia e Ciências. Essa abordagem dá ênfase a questões ambientais e visa ajudar os alunos a obter um entendimento mais amplo sobre essas questões e sua relação com as disciplinas tradicionais. (Hutchison, 2000, p. 37)

Em um projeto dessa natureza, os processos de aprendizagem são contínuos e interativos. Não é possível, hoje, fechá-los em níveis concretos ou em conteúdos específicos. Não é suficiente o conhecimento da área ou disciplina que se pretende ensinar, necessita-se também de visão global do processo educacional e de compreensão dos diversos elementos e mecanismos que intervêm no currículo. Áreas e disciplinas adquirem sentido enquanto meio para a consecução de objetivos gerais e para o desenvolvimento de uma série de capacidades e competências, em contraposição à tendência de se considerarem somente seus conteúdos disciplinares.

Desta forma, as atividades instrucionais, projetos de escola ou disciplina devem ter como objetivo estimular o aprendiz a explorar diversas perspectivas para formar suas próprias opiniões. Ressalta-se que, sem a presença do educador que os aprofunde e contextualize de maneira crítica, todos tornam-se informação vazia. Quanto a este tratamento profundo das informações, é importante dizer que profundidade não quer dizer texto difícil e rebuscado para dar uma idéia aparente de complexidade. Ao contrário, os materiais devem ser simples.

Segundo Trajber & Costa:

É o projeto educacional que, englobando uma combinação específica de materiais instrucionais, irá definir o enfoque a ser dado pelo educador em seu trabalho pedagógico. Se o educador objetivar propósitos transformadores, sua postura diante de um vídeo – mesmo aqueles considerados de qualidade inferior – pode ser essencialmente conscientizadora, isto é, sob uma perspectiva crítica e dialógica, sua exibição pode ser enfocada como um instrumento motivador de debates e provocar processos de conscientização dos temas nele abordados. Dessa forma, ao reagir a um discurso imagético o grupo de alunos irá se posicionar a esse respeito e sair da passividade frente a recepção de idéias prontas, aceitas como verdades inquestionáveis. (Trajber & Costa, 2001, p. 45)

Pode-se explorar com os estudantes as dimensões ecológicas, econômicas, culturais, entre outras, do desafio ecológico, avaliar as repercussões globais e locais da drástica mudança ambiental e construir conexões com outras questões sociais, incluindo desafios à paz

e à justiça social, às questões ligadas aos direitos humanos e ao desenvolvimento e preocupações com a pobreza e com a violência.

Concomitantemente, a capacidade de apresentar problemas e ressaltar questões em termos das implicações culturais e ecológicas mais abrangentes das ações e das motivações humanas precisa ser reforçada. Os aspectos ecologicamente problemáticos da modernidade, incluindo noções como “individualismo” e “progresso”, precisam ser criticados em termos de suas contribuições para as dimensões culturais do desafio ecológico. Práticas ecologicamente sensíveis, incluindo as agrícolas, tecnológicas e econômicas precisam ser estudadas, e as crenças culturais subjacentes a essas práticas precisam ser exploradas.

Precisamos apoiar os jovens enquanto lutam para formular e articular os princípios básicos de uma nova visão de futuro que seja ecologicamente sustentável, culturalmente possível e celebratória em sua visão do reengajamento do humano com o mundo natural, ajudando-os a desenvolver um estilo de vida crítico e prático e as habilidades de ação social que eles precisarão para transformar essa visão em realidade.

Assim, a educação para o Desenvolvimento Sustentável deve ser participativa e emancipatória, e requer o oposto da persuasão. Ela exige a motivação pela abertura para a reflexão, mostrando diversidade de olhares, estimulando as pessoas para a ação, mais compartilhando questões do que fornecendo respostas.

Inevitavelmente, há que se buscar novas alternativas de ensino-aprendizagem, que vislumbrem e incorporem as mudanças pretendidas na formação deste indivíduo idealizado para o mundo atual.

## **2.4 Educação Matemática**

Tradicionalmente, o conhecimento é entendido como informação, produto, e como tal deve ser transmitido. Uma das conseqüências disso é que a escola se preocupa predominantemente em informar, em comunicar o conhecimento já disponível, sem examiná-lo ou analisar em que contexto esse conhecimento foi produzido. Apenas é cobrada a adesão do aluno ao conhecimento apresentado. Dessa maneira o ensino focaliza o discurso, a repetição de termos e idéias desprovidos, muitas vezes, de seus reais significados. Sob esse

ponto de vista, segundo Soares (1998), o ensino se assemelha a uma pregação. Esse é o modelo tradicional de ensino.

Por outro lado, o conhecimento entendido como processo dinâmico, como meio para descrever de maneira aproximada a realidade, pode resultar em uma maneira de conceber o ensino que contrasta com a maneira tradicional. Na concepção usual de ensino os conceitos de ensinar e aprender são estáticos. No entanto, ao considerar o conhecimento como processo de conceber a realidade, surge uma forma de conceituar o ensino de uma maneira mais adequada, onde ensinar implica uma relação entre aquilo que é feito e suas conseqüências no ambiente em que é feito, originando uma relação com as situações do ambiente, na realidade na qual está inserido. De maneira análoga, a aprendizagem do aluno é caracterizada pela sua mudança de comportamento após a aprendizagem, ou seja, sua relação com o ambiente, com a realidade, é modificada. Diante desse novo enfoque, o ensino é um processo que se caracteriza pela modificação dos padrões de comportamento dos alunos.

Assim, conforme o Padrão Referencial de Currículo (SEC/RS, 1998), o Ensino Médio, com suas diferentes áreas do conhecimento, deve propiciar ao aluno:

- a) Compreender-se como sujeito coletivo, autônomo, participativo, solidário, cooperativo, possuidor de direitos e deveres políticos, civis e sociais, que repudia injustiças, discriminações, respeita e faz-se respeitar, relaciona-se, exerce a cidadania e a democracia;
- b) Posicionar-se de maneira crítica, responsável e construtiva nas diferentes situações sociais, respeitando a opinião e o conhecimento produzido pelo outro, utilizando o diálogo argumentativo como forma de mediar conflitos e de tomar decisões coletivas fundamentadas;
- c) Reconhecer-se integrante do ambiente, compreendendo a inter-relação entre seus elementos, nas dimensões ecológica, social e política, enquanto co-participante do processo de melhoria da qualidade de vida;
- d) Aprender os fenômenos do mundo natural em diferentes espaços e tempos, buscando explicações científicas de forma significativa, avaliando as transformações que o ser humano historicamente impõe à natureza, utilizando-se para isso de conhecimentos científicos;

- e) Valer-se do conhecimento da lógica matemática, identificando, analisando e abstraindo através de situações-problema numa relação do sujeito com o mundo real, interpretado e construído em diferentes linguagens;
- f) Apropriar-se das inovações científico-tecnológicas, fontes geradoras do conhecimento, necessárias para a incorporação do sujeito na vida contemporânea e no mundo do trabalho.

Neste sentido, as considerações dos pesquisadores em Educação Matemática convergem para o ponto em que a concepção de Matemática como um conjunto de conhecimentos prontos, precisos e acabados, deve ser confrontado com uma concepção de Matemática como processo dinâmico, construído através de conceitos, procedimentos e outras atividades que devem ser explicitadas em algum grau, de alguma maneira quando esses conhecimentos são ensinados.

Levando em consideração estas concepções de ensino e de Matemática, acredita-se que o planejamento de um programa de ensino deve ser efetuado de maneira diferente daquela que vem sendo aplicada. A partir dessas considerações pretende-se confrontar aqui o ensino tradicional com estes novos enfoques e tendências no ensino da Matemática, assim como as novas metodologias de ensino decorrentes destas concepções.

Segundo Silveira (1993), sob vários pontos de vista, o ensino da Matemática no Brasil deixa muito a desejar:

- a) O grau de aprendizagem está entre os mais baixos do mundo, conforme as avaliações internacionais têm mostrado;
- b) Os conteúdos ensinados são extremamente alienados da realidade da grande massa da população e muito pouco relevantes às profissões técnicas, limitando-se, em essência, ao ensino de regras e à aplicação de fórmulas em problemas pré-fabricados e fantasiosos;
- c) É um instrumento de repressão social, pois prepara os filhos das classes econômicas mais poderosas para fazerem o exame vestibular enquanto os menos afortunados vão precisar passar por filtros matemáticos em concursos de acesso a empregos ou cursos de prestígio não universitário.

O estudo apresentado por Silva (1993), revela um discurso e uma prática apresentados pelo professor de Matemática caracterizados pelo mecanicismo didático, uma metodologia

clássica para a sala de aula, autoritária, que supervaloriza o rigor, a relevância aos conteúdos sem discussão de sua importância, o fazer do professor norteado pelo livro didático, mecanicismo no tratamento do conteúdo e a avaliação centrada na aprovação do aluno, independente de sua compreensão.

Segundo Martins:

A Matemática escolar, como tradicionalmente vem sendo ensinada, não propicia ao aluno situações de investigação, exploração e descobrimento. O processo de pesquisa matemática não é assumido pelo professor em nenhum momento, para gerar situações em que o aluno possa ser criativo, ou onde o aluno esteja motivado a solucionar um problema pela curiosidade gerada pela situação em si ou pelo próprio desafio do problema. (Martins, 1998, p. 629)

Martins observa ainda que:

Essas concepções, na atual conjuntura de ensino da Matemática, inspiradas que são por uma longa tradição de rigor, precisão, objetividade, neutralidade (paradigma da teoria tradicional), que promovem aversão, medo, repetência, evasão e conseqüentemente o “analfabetismo matemático”, precisam ser modificadas para que se possa ter uma renovação no ensino da Matemática. (Martins, 1998, p. 629)

Para D’Ambrósio (2000), a Matemática que vem dominando os programas é, em grande parte, desinteressante, obsoleta e inútil para as gerações atuais, pois os alunos não estão aprendendo coisas realmente importantes. Esgota-se tempo e energia do aluno e gera-se desencanto e desilusão com o aprender. Para este autor, “Necessita-se trafegar entre Matemática pura e ciência aplicada. A fertilização cruzada de idéias é crucial para a saúde tanto das ciências quanto da Matemática.” (D’Ambrósio, 2000, p. 30)

Segundo Imenes:

A ênfase é posta no domínio de técnicas de cálculo e o que se considera como saber raciocinar é identificado com a capacidade de memorizar uma seqüência de instruções e executá-la. Trata-se, portanto, de um procedimento que não promove o pensar com a própria cabeça, o pensar com autonomia. Nesse sentido, nós, professores de Matemática, estamos participando, certamente de forma involuntária, de um engodo: defendemos o ensino da Matemática argumentando, dentre outras razões, que ele é importante na formação do pensamento quando, na verdade, o ensino tradicional promove a dependência, a não autonomia, o não pensar. (Imenes, 1993, p. 20)

Para Chevallard (2001), a presença da Matemática na escola é uma consequência da sua presença na sociedade e, portanto, as necessidades matemáticas que surgem na escola deveriam estar subordinadas às necessidades matemáticas da vida em sociedade. Muitas vezes essa subordinação é invertida pelos alunos e até mesmo pelos próprios professores, havendo uma falsa crença de que as únicas necessidades sociais matemáticas são aquelas derivadas da escola.

Este fato se dá porque os problemas matemáticos tendem a ser apresentados com enunciados perfeitamente elaborados, cujos textos costumam esconder a problemática que lhes deu origem. Assim, a problemática de uma tarefa começa sempre no momento de resolver um problema matemático, nunca antes, e com isso a atividade de resolução de problemas não se apresenta como um meio para responder a questões relativas a determinada problemática real que se pretende estudar, mas como um fim em si mesmo, o que contribui para que a Matemática seja considerada desinteressante.

Esse reducionismo leva a considerar que a Matemática é feita somente para ser ensinada e aprendida, que o ensino formal é imprescindível em toda aprendizagem matemática e que a única razão pela qual se aprende Matemática é porque ela é ensinada na escola. Reduz-se, assim, o valor social da Matemática a um mero valor escolar, transformando o ensino escolar da Matemática em um fim em si mesmo, fazendo com que não se leve a sério a Matemática feita na escola.

Neste sentido, Chevallard afirma:

Em muitas instituições docentes, a obrigação de estudar Matemática não costuma estar ligada a uma verdadeira necessidade sentida pelos próprios alunos de utilizar a Matemática para responder a questões que lhe são propostas ou para realizar uma tarefa problemática que não sabem como realizar. Assim, não resta dúvida de que o ensino de Matemática dado nas atuais instituições escolares responde a um projeto social que os estudantes consideram relativamente alheio a seus próprios interesses. (Chevallard, 2001, p. 128)

Chevallard destaca também que:

Nós podemos concebê-la como uma organização estática e determinada de antemão. Teremos, assim, uma visão da Matemática como um conjunto de obras fechadas. Mas é preferível interpretá-la de maneira dinâmica: as técnicas geram novos problemas e apelam para novos resultados tecnológicos que, por sua vez, permitem desenvolver técnicas já estabelecidas, assim como abordar e propor novas questões. (Chevallard, 2001, p. 126)

Em relação ao aluno de Ensino Médio, Kilpatrick et al. afirmam:

Para que sea posible enseñarlo, el conocimiento matemático debe estar inmerso dentro de un contexto. No obstante, para que este conocimiento pueda ser utilizado, el contexto debe ser eliminado y el conocimiento debe hacerse general. Cuando los estudiantes trabajan en un problema matemático, el carácter y el significado del conocimiento que ellos construyen está cambiando. (Kilpatrick et al., 1995, p. 9)

Kilpatrick et al. ainda destacam:

Pero no solo se valora el aspecto positivo; también se ha realizado un debate y una crítica fuertes a la función a veces equivocada, a veces falseada, a veces simplificada, que tienen o que han tenido las matemáticas en la enseñanza tradicional. En particular, la crítica se dirige con énfasis hacia la memorización de hechos, hacia la exclusiva ejercitación de destrezas, puesto que con esa orientación parece que el conocimiento matemático se planteara como alejado del medio cultural y de los intereses y la afectividad del niño. Sin embargo, el planteamiento actual trata de superar esta visión reduccionista, ampliando el campo del aprendizaje hasta integrar el dominio de las estructuras conceptuales, ricas en relaciones, procedimientos y estrategias que abren la puerta a la creatividad, a la intuición y al pensamiento divergente de los alumnos. Han cambiado las prioridades en educación matemática. (Kilpatrick et al., 1995, p. 21)

De fato, nas instituições de ensino atuais impera uma forte tendência de fragmentar a Matemática ensinada. O aluno se depara com conteúdos matemáticos pouco relacionados entre si, com algumas técnicas muito rígidas, com problemas isolados ou formando classes muito estereotipadas e com uma teoria pouco relacionada com a prática da Matemática concreta. O resultado é que a atividade matemática escolar realizada pelos alunos tem poucas possibilidades de ser criativa.

Mais que uma necessidade de atividade matemática criativa, o sistema mostra uma necessidade de aparência de criatividade. É como se nossa cultura escolar fosse colocada frente a frente, “atividade matemática criativa” e “atividade rotineira e repetitiva”. Como se a atividade matemática somente fosse criativa à medida que se apresentasse como surpreendente, diferente, original e, definitivamente, livre e espontânea. (Chevallard, 2001, p. 291)

Segundo Fiorentini (1993), saber matemática não significa apenas ter um domínio técnico ou formal do conteúdo, isto é, ser hábil manipulador de processos matemáticos, saber enunciar e demonstrar teoremas ou saber aplicá-lo na resolução de alguns problemas-tipo.

Implica conhecer o papel desempenhado por esse saber no desenvolvimento da própria Matemática, no desenvolvimento de outras ciências, no desenvolvimento social e tecnológico, etc. Segundo o autor, quem tiver essa visão certamente não irá colecionar técnicas ou fatos prontos e acabados. Ao contrário, estará reelaborando criticamente os conteúdos matemáticos.

A opinião de D'Ambrósio (1985) é a de que o valor utilitário da Matemática manifesta-se na matematização de situações reais observadas e através da construção de modelos para interpretá-las. Além disso, esse valor está associado a razões que colocam a Matemática como instrumento para a vida, para o trabalho e para outras ciências.

O ponto que nos parece de fundamental importância é a aplicação de conceitos matemáticos na vida; é a capacidade de modelar situações reais, codificá-las adequadamente de maneira a permitir a utilização de técnicas e de resultados conhecidos em um novo contexto. Isto é, a transferência de aprendizado, resultante de uma certa situação para uma situação nova, é um ponto crucial do que se poderia chamar aprendizado de Matemática e talvez, o objetivo maior de seu ensino. (D'Ambrósio apud Borba, 2000, p. 69)

David também manifesta-se a esse respeito, dizendo que:

[...] se ensina Matemática porque esta é uma disciplina que faz parte significativa da experiência humana ao longo dos séculos e é mais do que nunca um instrumento eficaz e indispensável para os outros ramos do conhecimento. (David, 2000, p. 269)

Segundo o Padrão Referencial de Currículo:

O que importa não é ensinar muito, mas ensinar bem (e, principalmente, ensinar a aprender) utilizando uma metodologia adequada, evitando fatos e problemas puramente especulativos, estabelecendo uma integração entre o saber matemático escolar, o saber matemático aplicado e o saber matemático do cotidiano. (Padrão Referencial de Currículo – SEC/RS, 1998, p. 15)

Antes de mais nada, o professor deve criar condições para que o aluno perceba claramente os valores da Matemática em cada grau de ensino, destacando: sua utilidade na vida cotidiana; sua utilidade em diferentes áreas do saber; sua utilidade no desenvolvimento mental. (PRC – SEC/RS, 1998, p. 16)

Nesta perspectiva, a aprendizagem matemática não consiste apenas no desenvolvimento de habilidades de cálculo ou resolução de problemas, fixação de conceitos pela memorização ou pela realização de exercícios. O aluno aprende significativamente quando consegue atribuir sentido e significado às idéias matemáticas e sobre elas é capaz de pensar, estabelecer relações, justificar, analisar, discutir, criar; e o professor, ao construir e propor atividades ricas de significado, está pensando na formação do cidadão, capaz de fazer a leitura do mundo moderno (Fiorentini, 1995; Moisés, 1997).

Para Lorenzato e Vila (1993), os estudantes devem ter uma perfeita compreensão dos conceitos e princípios matemáticos, raciocinar claramente e comunicar efetivamente idéias, reconhecer aplicações matemáticas no mundo ao seu redor e abordar problemas matemáticos com segurança. Estes autores apontam para a existência de, pelo menos, dois enfoques epistemológicos. Um que defende um ensino mais direto, indicando o que os alunos devem aprender, e outro que defende a utilização dos conhecimentos prévios dos alunos.

Salienta-se que é necessário abordar ambos os enfoques, pensando a Matemática tanto como uma poderosa ferramenta para a vida diária quanto um meio de desenvolvimento de capacidades mentais que servirão para compreender, interpretar e intervir na realidade na qual o aluno está imerso.

Para Imenes (1993), a ciência coloca à disposição dos educadores um razoável volume de conhecimentos acerca dos processos cognitivos. Estes sugerem alguns pontos que devem ser considerados no trabalho pedagógico em geral e, em particular, na Educação Matemática:

- a) É fundamental valorizar o conhecimento e a vivência do aprendiz;
- b) É necessário considerar seu ambiente sócio cultural;
- c) É importante valorizar a expressão pessoal, física ou mental, escrita ou oral do educando;
- d) É preciso respeitar o desenvolvimento cognitivo do educando;
- e) O processo de aprendizagem não é linear e não se dá do mesmo modo para todas as pessoas; não se compreende tudo de uma vez e a compreensão que se tem das coisas é sempre relativa;
- f) O processo de construção do conhecimento é incompatível com qualquer concepção de Matemática que não a considere também como conhecimento historicamente construído.

Conforme o Padrão Referencial de Currículo (SEC/RS, 1998), são objetivos da Educação Matemática:

- a) Promover a educação integrada dos conhecimentos matemáticos, desenvolvendo nos alunos, o pensamento lógico, o espírito investigativo, crítico e criativo através da resolução de situações-problema, tornando-os autônomos, co-responsáveis por sua formação intelectual, social e moral, e capazes de continuar a aprender, visando a melhoria da qualidade de vida individual e coletiva;
- b) Utilizar a linguagem matemática na comunicação de idéias e informações relacionadas com todas as áreas do conhecimento;
- c) Incentivar a curiosidade e o desenvolvimento da consciência crítica, na busca de novos conhecimentos e de soluções alternativas.

Faz-se necessário, desta forma, um repensar não só da metodologia de ensino da Matemática mas, antes de mais nada, uma reflexão criteriosa sobre concepção de Matemática e sobre o papel de seu ensino, buscando um ensino que mostre a Matemática como uma ferramenta indispensável na solução de problemas, mas problemas que sejam atuais na vida dos alunos e não situações hipotéticas e artificiais forjadas tão somente para o treinamento de habilidades matemáticas.

Neste sentido, Chevallard sugere que:

Uma boa reprodução da atividade matemática, por parte do aluno, exige que este intervenha nessa atividade, o que significa que ele deve formular enunciados e provar proposições, construir modelos, linguagens, conceitos e teoria, colocá-los à prova e realizarem intercâmbio com os outros, reconhecer os que estão de acordo com a cultura matemática e considerar aqueles que são úteis para a continuidade de sua atividade. (Chevallard, 2001, p. 213)

Ensinar um conhecimento matemático concreto é, em uma primeira aproximação, tornar possível que os alunos desenvolvam com esse conhecimento uma atividade matemática no sentido anterior. O professor deve imaginar e propor para os alunos situações matemáticas que eles possam vivenciar, que provoquem o surgimento de autênticos problemas matemáticos e nas quais o conhecimento em questão apareça como uma solução ótima para esses problemas, com a condição adicional de que esse conhecimento possa ser construído pelos próprios alunos. (Chevallard, 2001, p. 214)

Segundo Blumenthal:

O ensino conteudista da Matemática tem dado lugar a novas linhas de ensino e aprendizagem, muitas das quais mudam ora a metodologia, ora os conteúdos propriamente ditos. Esforços no sentido de diminuir o fracasso matemático escolar têm se sucedido, mas muito há ainda que se caminhar para alcançar um ensino e uma aprendizagem mais significativos. Para que novos avanços possam ser alcançados, existe a necessidade de quebra de paradigmas vigentes, de modo a possibilitar uma visão mais holística da Matemática e, conseqüentemente, da Educação Matemática. (Blumenthal, 1998, p. 325)

Assim, o movimento de Educação Matemática traz, de tempos em tempos, alguns componentes novos ou propostas que visam fornecer instrumentos metodológicos que possam ser utilizados nas atividades didáticas em sala de aula, opondo-se sempre ao ensino tradicional.

Estes instrumentos são introduzidos através de uma reflexão teórico-metodológica e são divulgados sob o ponto de vista de propostas didático-pedagógicas. Pode-se citar as seguintes atividades ou alternativas metodológicas que estão em evidência atualmente em Educação Matemática:

- a) Jogos;
- b) Oficinas de geometria (abordagem experimental e dedutiva);
- c) Álgebra através da geometria;
- d) Aplicações em outras áreas;
- e) Softwares educacionais;
- f) Internet; sala de aula virtual;
- g) Dados estatísticos;
- h) Vídeos;
- i) História da Matemática;
- j) Modelagem matemática;
- k) Etnomatemática;
- l) Resolução de problemas;
- m) Matemática por projetos.

### 2.4.1 Educação Matemática por Projetos

O último item citado, Matemática por projetos, tem sido bastante utilizado, tanto de forma isolada quanto em conjunto com outras disciplinas, permitindo neste caso a interdisciplinaridade. Como não há uma forma unívoca de trabalho por projetos, especialmente no que diz respeito a procedimentos, reflete-se a seguir a visão de vários autores sobre essa metodologia, onde destacam-se as múltiplas possibilidades de situações-problema, conteúdos e atividades que podem ser operacionalizados.

Segundo David:

[...] o discurso se concretiza através de projetos com eixos temáticos que explicitam a Matemática como um conhecimento que existe para auxiliar na compreensão do mundo físico, econômico e social, evidenciando muito mais os seus aspectos prático-utilitários. (David, 2000, p. 268)

D'Ambrósio propõe:

Para encontrar o novo em colaboração com os alunos uma das melhores estratégias é o método de projetos. Mas isso não exclui aulas expositivas, no estilo de conferências, que continuam tendo grande importância, em todos os níveis de escolaridade formal e não formal. (D'Ambrósio, 1994, p. 106)

Segundo Blumenthal (1999), há necessidade de se fazer do ensino da Matemática um meio para que o aluno alcance uma aprendizagem significativa. Uma experiência significativa de aprendizagem, voltada mais para o investigar, o pesquisar e o descobrir, do que o decorar e reproduzir, valorizando o conhecimento prévio do aluno, o caráter investigativo no ensino e a interação entre os estudantes, privilegiando o ensino através da resolução de problemas e o desenvolvimento de projetos.

Segundo D'Ambrósio (1996), o movimento de Educação Matemática aponta para um outro modo de conduzir as aulas, com muita participação dos alunos, com uma percepção da importância de atividades contextualizadas. Para o autor, o método de projetos, com inúmeras variações, se impôs.

Para Kilpatrick et al. (1995), as atividades de um projeto devem conter as seguintes características:

- a) As atividades levam os alunos a pensar;
- b) As atividades originam novas perguntas e novos problemas;
- c) Têm múltiplas vias de aproximação, para fazê-la acessível a todos os estudantes;
- d) As atividades possuem muitas possibilidades de execução e mais de uma resposta correta;
- e) O aluno é quem opera e decide;
- f) Os alunos interagem com seus companheiros;
- g) Há momentos para realizar tarefas em casa;
- h) Os alunos valorizam os resultados do exercício;
- i) Os alunos constroem conhecimentos significativos e aprofundam seu entendimento;
- j) As atividades desenvolvem o pensamento em diferentes formas, fomentam a persistência e contribuem a criar atitudes positivas.

Para Santos (1998), as atividades de um projeto devem conter também problemas abertos. Por problema aberto compreende-se uma situação-problema onde seu enunciado não oferece a oportunidade ao aluno de simplesmente identificar os meios de resolução.

Dessa forma, o aluno é levado a reproduzir, guardadas as devidas proporções, a atividade do matemático, levando-o a um processo, que chamaremos de processo científico, em que ele seja capaz de produzir hipóteses, verificá-las experimentalmente e elaborar mecanismos de validação. (Santos, 1998, p. 241)

No mesmo sentido, Zón afirma que:

[...] uno de sus fines es abordar la problemática de la enseñanza de la Matemática para lo cual es imprescindible que se reproduzca en el aula un funcionamiento parecido a una investigación científica, considerando que los alumnos puedan actuar, formular, probar, es decir que los conocimientos que vayan adquiriendo no les sirvan solo para poder repetirlos sino para actuar, tomar decisiones, hablar de ellos, poder comunicarlos, poder validarlos. (Zón, 1999, n. p.)

As atividades, ao focalizarem situações mais concretas, também ensejam a reflexão sobre valores, normas e atitudes, entre as quais podem ser destacadas a cooperação, o espírito crítico, a curiosidade, o interesse pela busca e construção de mais conhecimentos e a testagem de soluções alternativas.

Acredita-se que cabe ao educador, portanto, desenvolver nos alunos a habilidade de resolver estas atividades, oferecendo-lhes oportunidades de trabalhar cooperativamente, de usar tecnologias, de investigar idéias, de propor questões e ter liberdade de explorá-las e comunicá-las, utilizando linguagem matemática com segurança e exatidão e abordando temas de relevância social, entendidos como os fatos que acontecem no ambiente da escola, da cidade, do país e, em especial, os interesses e expectativas dos alunos.

O Padrão Referencial de Currículo (SEC/RS, 1998) orienta sobre variadas estratégias ao longo do processo ensino-aprendizagem, entre elas o ensino por atividades, com predomínio de aprendizagens em situações concretas, tematizadas pela vida real e pelos desejos e características do aluno, mas também com algumas abstrações e alguma sistematização em certos aspectos da matéria de ensino.

Perrenoud (1999) destaca que é necessário o desenvolvimento de certas competências, que exige oportunidades para que o indivíduo explicita sua forma de pensar, se conscientize de suas decisões, para que possa inferir, hesitar, tentar e errar, para depois, gradativamente, constituir-se como aquisição pessoal, como um repertório ao qual ele poderá recorrer sempre que desejar, para auxiliá-lo no enfrentamento de novas situações, ou para se articular com outras habilidades e compor competências mais complexas. O que nos faz crer que a forma de abordar os temas e os conteúdos permitirá ou não o desenvolvimento de competências.

Um exemplo disso é a competência na resolução de problemas, peça central para o ensino de Matemática, pois o pensar e o fazer matemático se mobilizam e se desenvolvem quando o indivíduo está engajado ativamente no processo de resolução de situações-problema, sejam elas mais ou menos convencionais, abertas ou aplicadas. (Diniz & Smole, 2000, p. 40)

Esta competência não se desenvolve se aos alunos propomos apenas exercícios de aplicação dos conceitos e técnicas matemáticas, pois, neste caso, o que está em ação é uma simples transposição analógica, ou seja, o aluno busca na memória um exercício semelhante e desenvolve passos análogos aos daquela situação. O que não nos garante que, frente a uma situação mais complexa, ele utilize os conhecimentos que possui. (Diniz & Smole, 2000, p. 40)

Isso não significa que os exercícios do tipo: calcule, resolva, etc. devam ser eliminados, pois eles cumprem a função do aprendizado de técnicas e propriedades; mas de forma alguma eles são suficientes para preparar o aluno competente para o que a nossa sociedade espera dele em termos de enfrentamento de situações-problema, tanto para que possa continuar aprendendo, como para que se realize no mundo do trabalho. (Diniz & Smole, 2000, p. 40)

De acordo com os autores, não se trata de separar o ensino de conteúdos específicos das competências, pelo contrário, o aprendizado dessas duas facetas do conhecimento deve se dar conjuntamente.

Quanto a esses conteúdos, é preciso que seja considerado o aumento vertiginoso da massa de conhecimentos do mundo, que impõe uma seleção contínua aos que ensinam. O estudante moderno acumula cada vez mais informações e pensa cada vez menos. É, também, constante a afirmação de que a escola não está adequada para preparar o aluno para a nova sociedade da informação, que exige criatividade, iniciativa, espírito crítico, capacidade para aprender o novo.

Em relação a temas e conteúdos, Azcárate (1997) afirma que há necessidade de estabelecer, no ensino de Matemática, relações com determinados problemas de estudo, rompendo a lógica disciplinar, e estruturar as atividades de tal forma que facilite progressivas aproximações aos fenômenos naturais e sociais, que permitam compreender melhor e intervir no complexo mundo em que vivemos. A autora entende por problemas, todos aqueles temas que interessam, preocupam ou são um obstáculo para o aluno, e que estão relacionados com diferentes aspectos de entorno, referindo-se a grandes núcleos de problemas como:

- a) Energias alternativas, fontes e escassez de energia, gastos energéticos;
- b) Crescimento populacional e produção de alimentos;
- c) Ciclo da água, fonte e consumo de água;
- d) Qualidade do ar;

- e) Consumo e qualidade de vida;
- f) Saúde e enfermidades humanas;
- g) Astronomia, guerra tecnológica, genética, ...

Neste sentido, o Padrão Referencial de Currículo (SEC/RS, 1998) aponta que as atividades matemáticas devem envolver, entre outras coisas, o pensamento estatístico-probabilístico, para que os alunos analisem situações sociais, econômicas, do meio ambiente, entre outras, no sentido de estimular atitudes de solidariedade, cooperação, responsabilidade social e ecológica. Este marco permite a coleta, organização, análise e interpretação de dados reunidos em tabelas e gráficos (processamento de informações), que levam a inferências e previsões a respeito de fenômenos sociais ou da natureza, devendo envolver situações concretas em que o aluno possa medir, observar e estimar.

Groenwald (1999) destaca que há necessidade de elaboração de ferramentas didático-pedagógicas para o Ensino Fundamental e Médio, integrando a disciplina de Matemática na área de Desenvolvimento Sustentável. Segundo a autora, deve-se integrar os conceitos de sustentabilidade nos programas de Matemática, em todos os níveis de ensino, com atividades práticas envolvendo temas como consumo de energia e fontes renováveis de energia, consumo de água, lixo e conservação do meio ambiente.

Para Albé (1999), deve-se desenvolver os conteúdos das disciplinas, especialmente a Matemática, com o enfoque voltado para a realidade e vivência do aluno. A autora destaca a importância de trabalhar os conteúdos de forma aplicada, dando ênfase às questões ambientais, econômicas, sociais e políticas, com o objetivo de formar um cidadão que tenha consciência crítica e que saiba cuidar do planeta para garantir a sobrevivência da sua geração, sem comprometer a das gerações futuras.

Segundo o Padrão Referencial de Currículo, a Educação Matemática deve, entre outros, desenvolver no aluno as habilidades de:

Analisar a aplicação de conhecimentos empíricos e científicos na sociedade, avaliando as implicações no meio ambiente (em interdisciplinaridade com Geografia, Química e Biologia); ao apropriar-se do conhecimento científico, proceder uma reinterpretação do seu cotidiano, interferir no mesmo, tendo em vista o projeto de construção de uma sociedade democrática mais justa (em interdisciplinaridade com a área de Sociedade e Cultura). (Padrão Referencial de Currículo – SEC/RS, 1998, p. 10)

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (MEC, 1999), a Matemática deve permitir estabelecer relações e interpretar fenômenos, enfatizar as tecnologias e a problemática ambiental, buscando o desenvolvimento de uma visão articulada do ser humano em seu meio natural, como construtor e transformador deste meio. Enfatiza-se nesse documento que, mesmo dentro de cada disciplina, uma perspectiva mais abrangente pode transbordar os limites disciplinares.

D'Ambrósio também aborda sobre a educação para o meio ambiente no ensino da Matemática:

Particularmente importante é a incorporação, na Educação Matemática, de uma preocupação com o ambiente. Embora haja muito progresso nessa direção e se notem boa pesquisa e boas propostas curriculares visando a essa incorporação, a sua plena aceitação na Educação Matemática ainda é um problema. (D'Ambrósio, 1996, p. 87)

Esta preocupação com o ambiente passa pela educação para a cidadania, que é um dos grandes objetivos da educação de hoje, e exige um conhecimento moderno, impregnado de ciência e tecnologia. Assim, o papel do professor de Matemática é particularmente importante para ajudar o aluno nessa apreciação, assim como para destacar alguns dos importantes princípios éticos a ela associados.

Toda essa nova concepção de Matemática e seu ensino, e a opção metodológica pela Matemática por projetos como estratégia de ensino-aprendizagem, baseada numa concepção construtivista, pode levar o aluno de uma posição de simples reprodutor de um sistema de conhecimentos prontos e acabados a uma posição de construtor de seu próprio conhecimento. Esta nova postura em relação à Matemática traz muitas mudanças à sala de aula, tais como trabalhar em grupos, a interdisciplinaridade, uma formação de acordo com a realidade, maior aproximação entre escola, professor, aluno e família, exigindo assim educandos prontos para trabalharem em grupos e com pesquisas, professores com maior disponibilidade de materiais didáticos para planejarem e elaborarem suas aulas, uma sociedade servindo de suporte ao ensino da Matemática, criando uma perspectiva mais qualitativa do que quantitativa e uma Matemática ensinada como ciência, como ferramenta para a vida, para o trabalho e a cidadania.

Assim, entre as atuais abordagens da Educação Matemática que surgem como crítica à abordagem tradicional de ensino, optou-se neste trabalho pela proposta da Matemática por

projetos, que é um dos instrumentos que, nos últimos tempos, vem ganhando um certo destaque no meio educacional, pois vem dando uma nova dimensão à Matemática e ao seu ensino.

#### **2.4.2 Educação Matemática nos Parâmetros Curriculares Nacionais**

Tendo como base pedagógica a interdisciplinaridade e a contextualização, a LDB determina a organização das disciplinas em áreas constituídas de disciplinas afins, sendo uma delas a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, aí incluindo, além da Matemática, as disciplinas de Física, Química e Biologia. Assim, a proposta pedagógica da área, com a escolha de conteúdos, temas e recursos, deve se constituir como um espaço de conversação entre diferentes olhares para os fenômenos da natureza, mas que compartilham o pensar científico como forma específica de pensar, registrar e validar fatos e relações.

Além disso, 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, se pretende promover competências que permitam entender e analisar criticamente os conhecimentos, para julgar e utilizar informações e recursos de natureza tecnológica. Por um lado, isso significa o entendimento de equipamentos e de procedimentos técnicos, a obtenção e análise de informações, a avaliação de riscos e benefícios em processos tecnológicos. Por outro, o conhecimento da história das transformações tecnológicas pode dar sentido (ou ser o contexto) a procedimentos responsáveis por fatos e modelos que compõem o conhecimento matemático e das demais disciplinas.

Na proposta dos PCN para o Ensino Médio, o ensino de Matemática tem a função não apenas de levar o aluno a ter acesso à Matemática como ciência, com suas peculiaridades e conceitos específicos, bem como de possibilitar a ele se apropriar da linguagem que as ciências naturais e sociais utilizam para descrever fenômenos diversos e de aprofundar seu conhecimento sobre procedimentos matemáticos de enfrentamento e resolução de situações-problema. Nessa perspectiva, aprender Matemática trás em si o desenvolvimento de competências e habilidades de pensamento, que são essencialmente formadoras à medida que instrumentalizam e estruturam o pensar do aluno, capacitando-o para tirar conclusões,

estabelecer argumentações, analisar e avaliar, tomar decisões, generalizar, e para muitas outras ações de pensamento que se espera da pessoa ao final do Ensino Médio.

Assim, as idéias básicas nos PCN refletem, muito mais do que uma mera mudança de conteúdos, uma mudança de filosofia, de ensino e de aprendizagem, como não poderia deixar de ser. Apontam para a necessidade de mudanças urgentes, não só no o que ensinar, mas, principalmente, no como ensinar e no como organizar as situações de ensino e de aprendizagem.

É evidente a orientação de se pensar e de se organizar as situações do ensino-aprendizagem, privilegiando as chamadas intraconexões das diferentes áreas da Matemática e as interconexões com as demais áreas do conhecimento, o que entende-se ser um caminho possível e desejável para o ensino da Matemática (Blumenthal, 2000).

Estas interconexões têm nos temas transversais Ética, Saúde, Meio Ambiente, Pluralidade Cultural e Orientação Sexual, uma infinidade de possibilidades de se concretizarem. Para isso, torna-se necessário que o professor trabalhe cada vez mais com os colegas de outras disciplinas, integrando uma equipe interdisciplinar. Essa interação permitirá que os projetos desenvolvidos sejam mais interessantes e mais voltados a problemas da realidade.

O desenvolvimento de projetos em que a Matemática pode explorar problemas e entrar com subsídios para a compreensão dos temas envolvidos tem trazido, apesar da angústia diante do novo, satisfação e alegria ao professor diante dos resultados obtidos. (Blumenthal, 2000, p. 18-19)

Segundo Sabaraense (1998), os PCN propõem o ensino de Matemática dentro de uma visão construtivista de ensino, pois o ponto de partida para o ensino de determinado conteúdo não é a sua definição, mas sim um problema que envolva o conteúdo, promovendo a sua discussão. Além disso, o objetivo do problema não é fazer com que o aluno aplique uma fórmula ou procedimento para sua solução, mas sim fazer com que interprete o enunciado e estruture a situação abordada pelo problema. Deste modo, o professor não concebe a Matemática como algo pronto e acabado, mas sim leva o aluno a construir seu próprio conhecimento, fazendo com que este renove suas concepções sobre a Matemática. Segundo a autora:

Dentro da teoria construtivista, a educação deve sempre buscar meios de provocar o aluno e estimulá-lo na busca de novas soluções e novas visões do mundo que vivemos. Essas situações tem que ser interessantes e intrigantes, para que o aluno possa descobrir uma Matemática desafiadora e agradável, ao mesmo tempo que passe a compreendê-la. (Sabaraense, 1998, p. 503)

Desta forma, nos PCN, a Matemática é vista como um instrumento de compreensão e transformação do mundo, e também, um meio para a compreensão e exercício da cidadania, da participação social e política e da solidariedade.

## **2.5 Energia Solar**

Em novembro de 1973, uma crise de energia surgiu quase inesperadamente, e pela primeira vez a civilização ocidental foi colocada perante uma redução de energia. Veículos, fábricas e sistemas de aquecimento central ameaçaram paralisar, e imediatamente compreendemos que a nossa sociedade de consumo, no que se refere à produção e utilização de energia, não está assentada em bases muito sólidas.

Hoje ainda temos o petróleo, embora mais caro; porém, não sabemos ao certo até quando.

Um receio pelas reservas de energia e pelo padrão de vida domina atualmente o mundo. Há uma preocupação com o desperdício de energia e procura-se novas formas de a produzir. É comum encontrar em revistas, televisão e Internet fotografias de edifícios que aproveitam a radiação solar para suprir as suas necessidades energéticas, o que sugere a idéia de que o uso da Energia Solar para esses fins domésticos é completamente novo, como se antes não existisse. Esquece-se o fato de que o aproveitamento da Energia Solar é uma ciência com milhares de anos.

O Sol criou a base biológica para a existência humana, e a sua adoração foi, provavelmente, a primeira religião que existiu. Juntamente com outras culturas da Antigüidade, foi o fundamento da velha crença egípcia. No Egito, o deus-sol Amon Ra era o soberano da Terra, o Faraó era seu filho e, nessa qualidade, gozava da mais elevada estima. No Museu do Cairo, pode-se observar o disco solar Aton. Nesta época o esposo da Rainha

Nefertiti se fazia chamar, por esta razão, Akhenaton. Há também um barco solar, cujas pinturas relatam os sacrifícios oferecidos à Amon Ra.

Além do Egito, em outros países como na Irlanda, existem templos cujas aberturas permitem a iluminação de estátuas no momento em que o Sol se eleva no horizonte, mas apenas num determinado dia do ano (Festa ou Solstício). Na Índia, o deus-sol chamava-se Savitr (aquele que dá a vida). O deus-sol dos gregos era Hélios, sinônimo de força, vida e fertilidade, imagem de esplendor e de calor. A cidade de Heliópolis tinha o seu nome.

A religião dos antigos incas tem a adoração do Sol como seu símbolo básico. Os chefes dos incas traçavam a sua origem recuando até ao deus-sol, e o povo prestava-lhes homenagem. No Peru, 500 anos depois do desaparecimento do império inca, celebra-se ainda a Festa do Sol em 24 de junho, acendendo uma fogueira com o auxílio de um espelho dirigido para o astro sagrado. Em diversos lugares do globo construíram-se templos para a adoração do Sol.

A primeira indicação possível sobre tecnologia solar para arquitetos foi dada pelo historiador grego Xenofonte (430-354 a.C.): *“Deve-se construir o lado sul das casas mais alto, para apanhar o sol de inverno”* (Xenofonte apud Sabady, 1979, p. 13), embora estas casas só tenham sido construídas no século XX.

Sócrates (469-399 a.C.) também concebeu a idéia de uma casa solar que aproveitava ao máximo o sol de inverno e cortava completamente a radiação direta de verão no lado sul. Descreveu os princípios fundamentais da construção de edifícios solares, como se pode ver na seguinte passagem:

Em habitações viradas ao sul, os raios de sol penetram pelos pórticos durante o inverno, mas durante o verão a trajetória do sol passa diretamente sobre a nossa cabeça e por cima dos telhados, pelo que há sombra. Se esta é, por isso, a melhor disposição, devemos construir o lado sul mais alto, para captar o sol de inverno, e o lado norte mais baixo, para evitar o vento frio. (Sócrates apud Sabady, 1979, p. 13)

O primeiro conhecimento da técnica da Energia Solar veio do matemático grego Euclides, cerca de 300 a.C., que trabalhava na Academia de Platão em Alexandria e, na sua obra, descreveu a teoria dos refletores esféricos. Mas o maior dos técnicos solares da Antigüidade foi Arquimedes (287-212 a.C.), cujas pesquisas sobre a Energia Solar produziram não só resultados teóricos, mas também importantes resultados práticos. Por meio

de espelhos côncavos de bronze polido, cujo foco, devido a curvaturas muito pequenas, ficava a centenas de metros de distância, ele conseguiu incendiar os navios do general romano Marco Cláudio Marcelo durante o cerco de dois anos da capital siciliana Siracusa. Os espelhos refletiam os raios de sol nos cascos e mastreações dos barcos. Antêmio de Trales, um arquiteto célebre do século VI, deixou entre os seus documentos quatro tratados sobre espelhos incendiários. Um desses tratados tem o título “Como Construir uma Máquina Capaz de Incendiar um Objeto Distante por Meio de Raios Solares”. Também se pensa que, no ano 514 d.C., Proclo destruiu por este processo uma frota dos Godos em Constantinopla. Um monge inglês, Roger Bacon, também se dedicou ao estudo de espelhos incendiários, no século XIII.

Desde então, a possibilidade deste empreendimento técnico tem sido freqüentemente provada. Buffon realizou várias experiências, em 1747, que demonstravam a praticabilidade do ataque de Siracusa. Construiu uma grande estrutura, na qual fixou pedaços de vidro prateado que refletiam para um determinado ponto. Variou então o número de espelhos e o ponto focal até conseguir queimar pedaços de madeira cobertos de carvão e enxofre a 77 metros de distância, utilizando 154 espelhos. Posteriormente construiu um espelho parabólico com o diâmetro de 1,17 metros. Mas todas estas experiências de Buffon foram, na melhor das hipóteses, encaradas pelos seus contemporâneos como curiosidades científicas. Heron de Alexandria (cerca de 100 d.C.) e Plutarco (cerca de 50-125 d.C.) também fizeram espelhos incendiários, e houve um espelho incendiário que ateou a chama sagrada do templo de Vesta na Roma antiga.

Os árabes já possuíam o conhecimento de que o vidro tinha a propriedade de concentrar o calor do sol e, depois da conquista do Egito, aprenderam a fabricar o vidro, e em breve fizeram vasos de vidro (retortas) para destilação de líquidos por radiação solar. Encontraram-se primitivos vidros incendiários nas ruínas de Nínive, na Mesopotâmia. Na Europa, o calor solar só voltou a tornar-se importante depois da invenção das lentes por Galileu (1564-1642). Em 1615, o engenheiro francês Salomon de Caus (1576-1626) descreveu no seu documento “Raison des forces mouvantes” a máquina de elevar água acionada pelo calor do sol, a que chamou “fonte perpétua”. Em 1695, os italianos Targioni e Averoni usaram um grande vidro para decompor um diamante, ao mesmo tempo que Parker, na Inglaterra, e Tschirnhaus, na Alemanha, dedicavam-se ao estudo de espelhos incendiários.

Muitos outros cientistas construíram várias máquinas que funcionavam com Energia Solar por meio de lentes e espelhos. Lavoisier demonstrou em 1746 que era possível fundir

certos materiais com o fogo solar que aperfeiçoara, utilizando lentes convergentes. O francês Bernières fundiu prata e ferro no foco de um espelho com um metro de diâmetro, em 1757. O filósofo e físico suíço De Saussure (1740-1799), de Genebra, construiu o primeiro sistema moderno de armazenagem de calor solar. Dispôs cinco chapas de vidro de maneira que, em qualquer altura, duas camadas de vidro ficavam separadas por um espaço de ar. O ar entre as camadas de vidro aumentava substancialmente o efeito de aquecimento e atingia-se assim uma temperatura na ordem dos 87,5 °C. Os modernos coletores de superfície trabalham baseados neste princípio. De Saussure deixou registrado em cartas a Buffon e ao “Le Journal de Paris” o primeiro exemplo de fogão solar.

Em 1816, os irmãos Robert e James Stirling construíram um motor de ar de dois pistões (ciclo Stirling) que, embora não tenha sido desenhado para funcionar com a ajuda do sol, tornou-se ideal para este tipo.

Em 1839, Edmund Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico, onde semicondutores convertiam a Energia Solar em energia elétrica.

Em 1872, construiu-se num deserto no norte do Chile um destilador solar que produzia diariamente 27000 litros de água potável a partir da água salgada.

No princípio do século XIX, Herschel realizou experiências para determinar a intensidade da radiação solar (constante solar), tendo inventado um aparelho para medir a intensidade do calor nos raios solares. Este instrumento foi independentemente desenvolvido pelo cientista francês Pouillet. Ambos utilizaram o mesmo princípio – expor uma determinada quantidade de água à radiação solar e medir a elevação de temperatura num determinado período de tempo. O de Herschel era um vaso estacionário aberto enquanto que o aparelho de Pouillet era um vaso móvel fechado, o pireliômetro. Os seus cálculos incluíam correções que levavam em conta a absorção, a dispersão ou a atenuação do calor solar por fatores como as nuvens, a massa de ar e os elementos químicos da atmosfera. Os métodos experimentais de Pouillet foram severamente criticados pelo inventor americano Ericson, que argumentou que os cálculos baseados na latitude e tempo exato eram muito complexos e demorados para uma investigação em que o principal elemento era a espessura da atmosfera que variava continuamente. O seu calorímetro solar era fixo a uma mesa vibratória ligada a um observatório que rodava em guias horizontais e com a possibilidade de se inclinar segundo uma escala graduada. Em 1871, Ericson afirmou que a energia dinâmica que se desenvolve em um pé quadrado de superfície no topo da atmosfera é de 7,11 BTU por minuto, o que equivale a  $1332 \text{ kW/m}^2$ , um número dentro dos limites desta grandeza.

O pedido mais antigo de patente relacionada com a Energia Solar data de 1854, quando foi concedida em Londres a Antoine Poncon uma patente para:

[...] utilizar os raios de sol para criar vácuo num reservatório apropriado, elevado à altura de uma coluna de água, onde o vácuo é mantido pela pressão atmosférica. Formado este vácuo encho-o com água, que sobe por efeito da pressão atmosférica, e assim aqueço a água que pode fornecer trabalho. (Pope apud Sabady, 1979, p. 15)

Mas o século XIX foi sobretudo o século da máquina movida por Energia Solar. A primeira máquina moderna foi criada por Mouchot, em 1864, que auxiliado por Piffre, colocaram em funcionamento máquinas de bombagem perto de Argel, na Argélia. Esta grande máquina tinha um espelho com 5 metros de diâmetro e a bomba de água fornecia 2,5 toneladas de água por minuto. Mouchot exibiu em Paris, em 1866, uma motobomba solar e realizou experiências com fogões solares.

Em 1878, na Exposição Mundial de Paris, Mouchot apresentou outra máquina acionada por refletor solar que, por sua vez, acionava uma máquina impressora de jornais. O jornal impresso chamava-se “O Sol”. Na mesma exposição, demonstrou com sucesso o primeiro frigorífico solar, produzindo um bloco de gelo. Publicou também o primeiro livro sobre a Energia Solar, “Aquecimento Solar e as Suas Aplicações Industriais”. No mesmo ano foi utilizado, no Chile, o primeiro destilador de estufa, enquanto dez anos mais tarde Ericson construiu uma pequena máquina solar de 2,5 cavalos e trabalhou 10 anos, de 1870 a 1880, no projeto de uma estação de Energia Solar que nunca foi construída. Ericson ficou conhecido pelo seu motor térmico e pelo ciclo de ar quente. O primeiro motor solar com ciclo de ar quente funcionou em Nova Iorque, em 1872, à rotação estável de 420 rpm quando o céu estava claro e o sol perto do zênite. Projetado inicialmente para aplicações com pequena potência, Ericson previu que seria preferível o uso de vapor para as aplicações de potência elevada. Previu também o esgotamento das minas de carvão e que tal fato causaria profundas mudanças nas relações internacionais em favor dos países com mais sol. Desenvolveu uma análise teórica do uso de motores solares em uma faixa de terreno de 1300 km de comprimento e com cerca de 1,5 km de largura, comentando:

O Alto Egito, por exemplo, conseguirá no futuro grandes vantagens políticas, tendo em conta o seu céu permanentemente descoberto e a conseqüente disponibilidade de uma quantidade inesgotável de força motriz. Chegará o momento em que a Europa terá de parar os seus fornos por falta de carvão. Nessa altura, o Alto Egito, com a sua fonte inesgotável de energia, convidará os fabricantes europeus a instalarem as suas máquinas nos terrenos firmes ao longo da planície aluvial do Nilo, onde se poderá obter mais energia para os mover do que em cem cidades como Manchester. (Ericsson apud Sabady, 1979, p. 16)

Razões econômicas levaram ao desenvolvimento da primeira – e por muitos anos a maior do mundo – destilaria solar em Las Salinas, a cerca de 110 km da costa do Chile. A água local, que continha cerca de 14% de sal, era imprópria para ser utilizada em caldeiras e também para beber. Este sistema, que foi construído por Charles Wilson em 1872, consistia em 64 molduras, cada uma delas com 60,96 m por 1,22 m, resultando em uma área total de 4759 m<sup>2</sup> de vidro. Uma característica desta instalação é que era auto-suficiente, pois a água salgada era bombeada dos poços por um moinho para um reservatório instalado num ponto mais elevado. Inicialmente era possível produzir cerca de 19000 litros de água potável por dia, a um custo que era cerca de um quarto de um sistema convencional que queimasse carvão, mas posteriormente a construção de uma linha férrea fez diminuir o consumo de água e a conservação do sistema deixou de ser feita.

Em 1875, nos Estados Unidos, Pope, fascinado pela grande variedade de aplicações solares que surgiram nesse tempo, escreveu e publicou o livro “Calor Solar: suas aplicações práticas”.

Em 1877, Deitzler e Hittell, também nos Estados Unidos, descrevem “um espelho côncavo pelo qual se foca o calor numa massa de ferro ou outro reservatório de calor (...), permitindo que ar frio circule pelo interior do reservatório de aquecimento e passe depois para uma máquina de ar quente” (ciclo de Ericsson). Deitzler também registrou outra patente, em 1882, de um espelho refletor, e em 1883 fundou a Solar Heat Power Company of Califórnia.

Outro país em que se desenvolveram trabalhos importantes foi a Índia, onde Adams inventou um fogão solar que consistia num refletor cônico de 0,711 m de diâmetro, feito de madeira e revestido de chapa metálica. “As rações de sete soldados, carne e vegetais, eram cozidos completamente em duas horas em janeiro, o mês mais frio em Bombaim”. (Adams apud Sabady, 1979, p. 17)

No que se refere ao aquecimento dos locais, Morse, em 1881, projetou uma bomba de calor no Instituto de Agricultura de Moscovo, para explorar o calor de uma massa de água enterrada no subsolo de uma habitação.

Piffre, que continuou os trabalhos de Mouchot, em 1882, usou um espelho de 3,5 metros de diâmetro para fornecer energia a um pequeno motor vertical a vapor que fazia funcionar uma impressora. Apesar de algumas nuvens, uma média de 500 cópias de um jornal, especialmente editado para a ocasião, o “Soleil-Journal”, foram impressas entre as 13 e as 17 horas.

De 1902 a 1908, Willsie e Boyle, na Califórnia, produziram máquinas solares de 6 a 20 cavalos. Em 1901, Aneas construiu uma máquina de 15 cavalos e, nesse mesmo ano, ficou famosa a instalação solar de vapor de Pasadena, cujo refletor, apoiado num suporte equatorial, com eixo na direção norte-sul, seguia o sol, de leste para oeste, por meio de um mecanismo de relojoaria. Em 1911, Shuman e Boys, na Filadélfia, completaram uma maquete de uma instalação movida a Energia Solar, construída pela “Sun Power Company”, em 1910, e que, dois anos mais tarde, foi posta a trabalhar em Meadi, no Egito, a 16 km de Cairo. Esta máquina era um captador parabólico de 1500 m<sup>2</sup> e alimentava um motor de 100 cavalos. Servia para fins de irrigação e abastecia uma plantação de algodão de 4200 m<sup>2</sup>, com água tirada à bomba do Nilo.

Por volta de 1913, os princípios básicos de muitas das aplicações práticas da Energia Solar estavam dominados e muitos dos trabalhos exigiam consideráveis conhecimentos técnicos. Havia começado a era dos combustíveis baratos e, durante as décadas de 20 e 30, foi pouco o interesse demonstrado pela Energia Solar, já que o desenvolvimento do petróleo e do gás tinham toda a prioridade. Mas alguns investigadores continuaram seus trabalhos.

Abbott, além de vários outros aparelhos, construiu instalações solares de água quente que vieram a ser utilizadas alguns anos mais tarde e que tornaram possível uma grande economia de energia nos estados do sul dos Estados Unidos.

Em 1921, Straubel, em Jena, fez um forno solar que levou uma barra de ferro ao ponto de fundição em poucos segundos.

Em 1930, Goddard solicitou cinco patentes relativas à Energia Solar, uma delas para um acumulador de energia que levaria um foguete à Lua.

A primeira grande instalação com Energia Solar para fins de pesquisa foi produzida em Tashkent, União Soviética, em 1933, tendo-se proposto ao mesmo tempo uma instalação

que fornecia energia suficiente para uma cidade inteira, mas que nunca foi posta em funcionamento.

As primeiras experiências com o aproveitamento da Energia Solar diretamente para fins domésticos foram feitas entre 1920 e 1940. McNeilledge, na Califórnia, construiu um edifício com coletores solares de superfície para água quente e aquecimento do ambiente.

Em 1931, o arquiteto alemão Wagner apresentou o projeto “O Aperfeiçoamento da Casa”. Um revestimento de vidro protegia as paredes exteriores dos efeitos do tempo, proporcionava um espaço que reduzia a perda de calor e utilizava a radiação solar incidente.

A maior parte das casas solares desses anos só eram solares porque tinham grandes painéis de vidro no lado sul. Mas esta medida não bastava, porque com sol a casa aquecia demais e sem sol ficava muito fria. No inverno até era preciso mais combustível do que em outras casas sem Energia Solar. O problema da armazenagem de calor não tinha sido resolvido.

Entre 1930 e 1940, o grande significado do sol para fins de saúde foi de novo reconhecido. Na luta contra a tuberculose, construíram-se em vários lugares edifícios com grandes janelas para apanhar a maior quantidade de sol possível, especialmente nas montanhas suíças. Todos os arquitetos modernos da época consideraram o sol como o fator mais importante para o projeto das casas. Em 1939, construiu-se a primeira casa solar do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), sob a orientação de Hottle e Woertz, e cujo armazenamento térmico se realizava num reservatório de 62 m<sup>3</sup>.

Em seguida, a Segunda Guerra Mundial fez parar muitas experiências. A era do petróleo barato levou à escolha das soluções de facilidade, quase de desperdício, apesar dos trabalhos de Rudolf Diesel, a quem devemos um motor econômico.

No entanto, certos cientistas retomaram estas investigações. Trombe estudou a instalação de casas de montanha com dispositivos solares. Inicialmente, os fornos solares construídos na França por Trombe utilizavam como espelhos, refletores parabólicos de antigos projetores da defesa antiaérea, com dois metros de diâmetro. Mais tarde foi criado o centro de estudos da Energia Solar pelo CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique).

Em 1939, um bairro inteiro, na Flórida, foi equipado com geradores solares de água quente. Os coletores solares eram de aço com vidraça dupla e os tubos ovais achatados eram de cobre. A água aquecia até 83°C no espaço de poucas horas.

Na Califórnia, na Flórida, no Texas e no Arizona o uso dos aquecedores solares foi tornando-se comum desde os anos 40. Telkes, Raymond e Peabody, de Dover, construíram, em 1948, a primeira casa solar, na qual 80% das necessidades de aquecimento eram supridas pela Energia Solar.

Depois de 1945, a pesquisa no campo da Energia Solar recebeu um grande impulso pois, nessa altura, apareceram as dificuldades no fornecimento de energia. Em quase todo o mundo se reconheceu o grande significado da Energia Solar.

Na indústria, muitas empresas deram a sua contribuição para a investigação. Depois de 1950, realizaram-se os primeiros grandes simpósios. Em outubro de 1954, em Nova Deli, a Unesco e o governo indiano organizaram a primeira conferência internacional importante, que tratava exclusivamente da Energia Solar e da Energia Eólica. A necessidade de estabelecer ligações entre os vários países levou à fundação da Association for Applied Solar Energy (AFASE), hoje International Solar Energy Society (ISES). Estas organizações tiveram a finalidade de fomentar a investigação básica e aplicada sobre Energia Solar e disseminar a informação relacionada com todos os aspectos da Energia Solar.

Também em 1954, foi fabricada a primeira célula fotovoltaica de silício, no laboratório Bell.

Em outubro de 1955, na Universidade do Arizona, em Fênix, realizou-se um simpósio internacional, sobre investigação fundamental, e a primeira Exposição Tecnológica Solar, que exibiu uma grande quantidade de equipamentos, incluindo medidores de radiação, aquecedores de ar e de água, fogões, vários modelos de casas solares, fornos de alta temperatura, destiladores de água, conversores fotovoltaicos e diferentes tipos de motores. Participaram deste evento 1000 cientistas de 36 países e foram expostos cerca de 80 aparelhos solares.

Ao mesmo tempo, o Centre National de la Recherche Scientifique Appliquée, na Argélia, confiou a Touchais a construção de um espelho solar de grandes dimensões: 8,4 metros de diâmetro, e que foi inaugurado em 1955. Este espelho foi denominado “Helyodine”, sendo destinado a oxidar o azoto do ar, a fim de obter industrialmente nitrato de sódio para a agricultura argelina.

Em 1956, surgiu o primeiro jornal moderno sobre a Energia Solar, o “Sun at Work”. Um ano mais tarde foi publicado o “The Journal of Solar Energy Science and Engineering”.

No mesmo ano, Gardner e Curtis edificaram na Inglaterra, um país que comparado com outras partes da Europa tem pouco sol, as primeiras casas solares européias.

Perrot fundou, em 1959, o Instituto de Energia Solar da Universidade da Argélia, que dispunha de 23 laboratórios diversos e estava encarregado da exploração do “Helyodine”. Foi neste Instituto, no Laboratório de Heliotecnia, que se deu pela primeira vez no mundo um curso de heliotecnia e a partir deste foi criada a associação internacional COMPLES (Cooperação Mediterrânea para a Energia Solar). Em 1968 foi instalada neste laboratório a primeira caldeira solar mundial de 50 kW, capaz de produzir vapor a uma pressão de 150 bars. Em 1982, esta associação reunia cientistas de 54 países, incluindo os Estados Unidos, Japão e Rússia.

Este trabalho de investigação intensiva levou a muitos resultados práticos. Na América, na Rússia, no Japão e na França, construíram-se instalações ainda maiores para fornos de fundição acionados a Energia Solar.

Em muitos países, como o Japão, a Austrália, Israel, Chipre e África do Sul, os aquecedores solares de água tornaram-se comuns. Também ouviu-se falar mais e cada vez com mais frequência de casas que eram aquecidas por Energia Solar. Estas casas solares pertencem já à história da arquitetura, não por motivos de estética mas porque, posteriormente, houve inovações interessantes do ponto de vista técnico, que diferem dos primeiros métodos normais de construção. No simpósio internacional de 1955, realizou-se também o primeiro concurso de arquitetura sob o tema “A Vida com o Sol”. Participaram cerca de 1400 arquitetos de diversos países do mundo.

Uma invenção importante deste período foi a célula solar apresentada pelos laboratórios da Bell, em Nova Iorque, em 1954. Este aparelho, que converte Energia Solar diretamente em corrente elétrica, provou-se mais tarde ser economicamente aplicável, não só em vôos espaciais mas também para fins domésticos. Em 1958, a NASA usou painéis fotovoltaicos como fonte de energia para o satélite Vanguard, pois era a opção mais barata.

Em 1961, a ONU promoveu uma importante conferência, em Roma, com o título “Novas Fontes de Energia”. Centenas de cientistas de aproximadamente 30 países participaram, com cerca de 250 grupos de trabalho sobre a Energia Solar, Eólica e Geotérmica. França, Itália, Israel e Nova Zelândia organizaram exposições em que foram apresentados interessantes protótipos de todos os ramos da aplicação da Energia Solar.

Também em 1961, o Conselho Científico da OTAN organizou na Grécia um simpósio sobre Energia Solar, o Seminário Sounion, com participação de Grécia, França, Índia, Israel, Itália, Japão, Nova Zelândia, Portugal, Espanha, Turquia, Inglaterra, Estados Unidos e Alemanha Ocidental. Tanto na Europa como em outros lugares, estas conferências produziram eventualmente os primeiros resultados práticos, sobretudo no campo do aquecimento solar das casas. Neste ano, o arquiteto Morgan construiu em Wallasey, perto de Liverpool, a Escola de St. George, que é aquecida com Energia Solar e um dos primeiros edifícios solares da Europa.

As primeiras casas solares francesas foram construídas, de 1962 a 1972, pelo instituto francês de pesquisa C. N. R. S., sob a orientação de Trombe e Michel. Em todas estas casas usou-se a patente do sistema Trombe-Michel, no qual o ar aquecido pelo sol aquece o edifício por convecção natural, sendo os coletores montados verticalmente no lado sul.

Em Chinguetti, na Mauritânia, uma região com dificuldades de abastecimento de água, Alexandroff construiu uma instalação na qual coletores solares montados no telhado recebiam energia suficiente para distribuir água para 2000 pessoas, com a ajuda de bombas solares 1,5 cavalos. Ressalta-se que o edifício estava bem integrado arquitetonicamente, pois também foram usados elementos da arquitetura tradicional da região, exemplo que mostra os notáveis resultados que a boa colaboração entre arquitetos e engenheiros solares pode produzir.

Em 1970, concluiu-se a construção do mais potente forno solar do mundo, com 1000 kW térmicos. O seu objetivo consistia em realizar metalurgia de alta temperatura, ensaiar ligas ultra-refratárias destinadas aos reatores de aviões, às caldeiras nucleares, solares, etc. No mesmo ano realizou-se a Conferência da ISES, em Melbourne.

Em julho de 1973, em Paris, a conferência da Unesco com o título “O Sol a Serviço do Homem” deu informações bastante exatas do estado da Energia Solar no mundo. Tomaram parte neste simpósio 800 cientistas de 60 países. Descreveram-se vários projetos de arquitetura solar, entre os quais um terraço solar e um oásis solar.

Esta conferência da Unesco, que se realizou alguns meses antes da crise do petróleo, fechou toda uma era de pesquisa sobre a Energia Solar. Até 1973, o problema da Energia Solar foi um campo de investigação para cientistas, mas a partir desta data tornou-se de interesse e de grande significado para todo o mundo. A crise do petróleo e a controvérsia mundial sobre a energia atômica trouxeram à tona a Energia Solar, de maneira que, atualmente, já não se discute se “sim” ou “não”, mas “quando” e “como”. Daquilo que

originalmente foi um projeto de pesquisa, apareceu uma nova indústria, a da tecnologia em Energia Solar.

Em julho de 1975, ocorreu em Los Angeles, a maior conferência sobre Energia Solar até então, com 265 trabalhos técnicos apresentados, mais de 60 expositores e um público estimado em 1700 pessoas. Os Estados Unidos foi o país que apresentou mais trabalhos, totalizando 179. Entretanto, os 20 trabalhos da Austrália foram mais significativos, levando em conta os respectivos números de habitantes.

Em 1975, a NASA utilizou cerca de um milhão de células fotovoltaicas. Os custos declinaram e iniciaram as aplicações terrestres em energia fotovoltaica, como em relógios, calculadoras, estações remotas de telecomunicações, etc.

O interesse pela investigação e desenvolvimento da Energia Solar continuou a desenvolver-se rapidamente.

Chegou-se à conclusão de que a indústria da Energia Solar para fins domésticos (aquecimento de casas, sistemas de água quente e de fogão de cozinha) poderia significar um mercado de 1,3 bilhões de dólares por volta de 1985. E várias empresas produziram aparelhos que podia-se adquirir por 100 dólares e que serviam para aplicações de “faça você mesmo”. Foi possível comprar um sistema de aquecimento para uma piscina por 18,95 dólares. Nos Estados Unidos, mais de 1,3 milhões de piscinas foram aquecidas a partir de tecnologia solar. Para fins de aquecimento de ambiente, existiam instalações por 100 a 200 dólares. Também havia no mercado sistemas completos de aquecimento solar de ambiente por preços como 107 dólares por metro quadrado de superfície do coletor e coletores solares por 62 dólares o metro quadrado.

Nesta época, o número de edifícios com aquecimento solar nos Estados Unidos era de algumas centenas e incluía várias grandes estruturas como prédios públicos e escolas.

Foi construído em Lincoln o que se pensa ser o maior edifício do mundo para escritórios com ar condicionado a partir da Energia Solar. Calcula-se que, no inverno, cerca de 56% a 85% das necessidades totais de energia são satisfeitas pela Energia Solar. No verão, a mesma instalação serve para fins de refrigeração.

Num estudo feito em 1972, por Cherry e Morse, para a Solar Energy Authority dos Estados Unidos, defendia-se a idéia de que, com o necessário apoio para investigação, a Energia Solar poderia satisfazer 35% das necessidades de energia para o ar condicionado dos edifícios dos Estados Unidos (também poderiam ser supridas pela Energia Solar 10% das

necessidades do combustível líquido e 20% da energia elétrica até o ano 2020). Para incrementar este processo, alguns dos estados americanos, como Indiana, concederam facilidades de impostos a proprietários que equiparam suas casas e edifícios com aquecimento solar.

A Energy Research and Development Administration (ERDA) publicou em junho de 1975, um plano estratégico a longo prazo que garantisse ao país, entre outras coisas, a correspondente independência política e o poder econômico, onde eram claras as perspectivas e as possibilidades da Energia Solar no último quarto de século.

Nesta estratégia, a Energia Solar, juntamente com a fusão nuclear e o gerador rápido, foi identificada como uma das principais fontes de energia a longo prazo. Conforme a estratégia exposta pela ERDA, o Sol, que até então quase não havia sido usado como fonte de energia, satisfaria cerca de um quarto das necessidades de energia dos Estados Unidos até o ano 2020, e poderia contribuir para a redução da importação do petróleo, cuja produção, por essa altura, já teria se tornado insignificante na América, juntamente com o gás natural. Segundo o relatório, para aumentar o papel da Energia Solar é necessário um esforço triplo. Em primeiro lugar (e isto representa, à primeira vista, o que promete mais sucesso), a sua utilização direta para fins de aquecimento e de refrigeração será visada tanto na esfera privada como nas esferas industrial e agrícola. Em segundo lugar, a Energia Solar poderia ser convertida em eletricidade, que seria uma fonte inesgotável, objetivo que, a longo prazo, tem a maior prioridade. Em terceiro lugar, a Energia Solar seria usada para obter gás do estrume, da madeira e de outros resíduos agrícolas.

A tabela a seguir permite formar uma idéia da atividade mundial em 1976:

Tabela 2 - Aplicações Práticas da Energia Solar: atividade mundial

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
África do Sul	X	X	X				X			X
Alemanha Ocidental	X	X	X		X	X	X	X		X
Arábia Saudita	X	X			X					X
Argentina	X	X	X		X	X		X		X
Austrália	X	X	X		X	X		X	X	X
Áustria	X	X		X				X	X	X
Bélgica	X	X						X		X
Canadá	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Coréia	X	X								
Costa Rica	X	X	X	X			X			X
Dinamarca	X	X	X				X	X		X
Equador	X	X								X
Espanha	X			X	X			X		X
Estados Unidos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Finlândia								X		
França	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Grécia	X	X		X	X					
Holanda	X	X					X	X		X
Índia	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Índia Ocidental	X		X		X	X	X	X	X	X
Irã	X	X	X		X	X		X	X	X
Iraque	X				X					X
Irlanda	X	X				X	X	X	X	X
Israel	X	X	X				X			
Itália	X	X	X	X	X			X	X	X
Jamaica	X		X			X				
Japão	X	X	X	X			X	X		X
Jordânia	X	X	X		X	X				X
Kuwait	X							X		
Nigéria			X							X
Nova Zelândia	X		X							X
Org. Est. Americanos	X		X					X		X
Papuásia – Nova Guiné	X		X					X		X
Paquistão	X		X		X	X		X		
Reino Unido	X	X	X			X	X	X	X	X
Sri Lanka	X		X		X					X
Suécia	X	X					X			X
Turquia	X	X	X		X	X		X	X	X
U.R.S.S.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Código das colunas

- |   |  |
|---|--|
| 1. Aquecimento de água (processos domésticos e industriais)       | 6. Agricultura e secagem de alimentos      |
| 2. Aquecimento ambiente, casas solares, aplicações na arquitetura | 7. Energia do vento                        |
| 3. Pequenas aplicações térmicas, bombagem, motores e refrigeração | 8. Aplicações fotovoltaicas e fotoquímicas |
| 4. Grandes aplicações térmicas                                    | 9. Fotobiologia e bioconversão             |
| 5. Dessalinização e destilação                                    | 10. Estudos de radiação                    |

O Ministério da Investigação e Tecnologia da República da Alemanha, considerou indispensável este novo “reconhecimento oficial” da Energia Solar:

A Energia Solar adquire cada vez maior significado na discussão do problema do fornecimento de energia. É, presentemente, a única fonte de energia conhecida que pode abastecer o homem por um período de tempo praticamente ilimitado, estando, além disso, livre da poluição. A duração limitada de fornecimento de energia fóssil foi conhecida pelos acontecimentos de 1973. Desde então, por todo o mundo aumentou a procura de novas fontes de energia e a Energia Solar ocupa um lugar preponderante nestes esforços. (Matthöfer apud Sabady, 1979, p. 35)

O cientista Wernher Von Braun disse, na abertura do Congresso da Unesco: “O Sol a serviço do homem: o homem encontra-se no limiar duma nova era, a que se pode dar o nome de Idade de Sol.”

A nova orientação da política de energia foi posta em destaque em uma notícia do jornal alemão *Neue Zürcher Zeitung* sobre o programa de pesquisa no campo da energia, dos Estados Unidos:

A Energy Research and Development Administration (ERDA) (Comissão de Pesquisa e Desenvolvimento da Energia), organização que sucedeu à Atomic Energy Commission (Comissão da Energia Atômica), submeteu ao presidente e ao Congresso um estudo sobre a execução a curto, médio e longo prazo, da política de energia dos Estados Unidos que se devia colocar numa base o mais diversificada possível (...) A utilização comercial do reator de gerador rápido que, inicialmente, foi planejada para 1987, está a ser adiada para o século XXI. No seu relatório, a ERDA coloca a Energia Solar ao mesmo nível do gerador rápido e da fusão nuclear. Estas três fontes de energia são identificadas como as dominantes a longo prazo da política de energia. (Sabady, 1979, p. 36)

As duas últimas frases da notícia são especialmente importantes, porque mostram o paralelo entre a energia atômica e a Energia Solar feito pela Energy Research and Development Administration, o que significa uma mudança básica na política americana de energia. Estas novas prioridades de pesquisa no campo da energia, nos Estados Unidos, tiveram um efeito mundial e forçaram outros países a reconsiderar a sua política de energia.

No Japão, desde tempos mitológicos se reconhecia o significado do Sol. Em 1956 já havia 15 empresas de aquecedores solares de água. Até 1979, funcionavam no Japão cerca de 3,5 milhões dessas instalações.

Deve-se ao Japão a produção de baterias solares, que tiveram aplicação prática em remotas instalações de emissoras radiotelegráficas e em faróis, que funcionam durante longos períodos com poucos problemas de manutenção. Também fabricavam cozinhas com calor solar em variadas formas, assim como fornos solares industriais.

Uma aplicação incomum da Energia Solar foi o cultivo de algas em tanques plásticos. Os japoneses haviam avançado mais neste sentido que qualquer outro país, chegando a produzir comercialmente, por ano, 12 toneladas de algas por cada acre de superfície semi-aquática.

Outros projetos de investigação e desenvolvimento abrangiam desde o uso do calor solar para destilar sumo de cana-de-açúcar até refrigeração de residências. Um invento engenhoso combinou um salva-vidas inflável com um alambique solar.

Na Austrália, o departamento de habitação e construção estabeleceu um programa segundo no qual foram instalados em todos os edifícios públicos coletores solares de 3 a 4 m<sup>2</sup> e tanques de armazenagem de 180 a 360 litros. Calcula-se que, utilizando a Energia Solar para aquecimento de água, é possível satisfazer pelo menos 65% das necessidades totais de água quente. Em vários hotéis e colégios funcionam aquecedores solares de água quente de elevado rendimento. Também construiu-se aquecedores solares de água e um forno solar de 3,6 metros que produzia 5 kW de calor e chegou a temperaturas maiores que 3300° K. A produção de sal a partir da água marinha foi outra aplicação da Energia Solar.

No Reino Unido, os especialistas convenceram-se que, mesmo em um dia nublado de fevereiro, onde ainda há 60 W/m<sup>2</sup> de radiação difusa, esta energia ainda se poderia utilizar. Foi construído um edifício de 29 andares com aquecimento solar e vários modelos de um revolucionário motor de ar quente que funcionava com Energia Solar.

Na França, foram criados o CNRS (Centre Nationale de la Recherche Scientifique), o ANVAR (Agence Nationale de la Valorisation de la Recherche) e o EDF (Electricité de France) e há também facilidade de impostos para a instalação de equipamentos solares.

Na Alemanha, em 1975, Herr Matthöfer, ministro responsável pela energia, explicou à imprensa em Bona:

O aproveitamento econômico da Energia Solar para a provisão de calor também é possível na Alemanha Ocidental com uma despesa recuperável. A curto prazo poder-se-á obter uma parte significativa do consumo de água quente no verão com a ajuda da Energia Solar, o que atualmente se consegue com muito baixa eficiência em instalações de aquecimento a óleo. A longo prazo, o emprego da Energia Solar para fins de aquecimento de ambiente também pode vir a ser considerado. (Matthöfer apud Sabady, 1979, p. 41)

Nesta linha de idéias, Herr Matthöfer introduziu através do seu ministério dois projetos definidos: uma casa solar experimental e uma piscina com aquecimento solar. A casa, onde foram satisfeitas quase todas as necessidades de aquecimento com coletores solares de 20 m<sup>2</sup>, foi usada como material de experiência para arquitetos e especialistas de aquecimento, de modo que se pôde incrementar esta nova técnica e, antes de ser habitada, a sua ocupação por uma família foi simulada durante dois anos por um computador. A piscina, com 1500 m<sup>2</sup> de coletores aquecendo a água, serviu para demonstrar que apesar das condições de mau tempo de maio a setembro se pode obter cerca de 2,5 kWh/m<sup>2</sup>.dia de energia em forma de calor.

O aproveitamento da Energia Solar é particularmente conveniente para o aquecimento auxiliar de piscinas ao ar livre, porque as temperaturas da água necessárias (cerca de 26°C, em dias mais frios até 28°C) são baixas, em comparação com a água quente usada em casa.

Depois da América e do Japão, a antiga União Soviética é o terceiro do mundo em que as aplicações da Energia Solar tiveram maior progresso. As primeiras instalações tecnológicas solares importantes foram construídas nos anos 30.

A antiga União Soviética, interessou-se sobretudo em uma utilização mais vasta de bombas e de alambiques solares. Há muitas regiões onde a duração da luz solar alcança valores muito elevados (cerca de três mil horas por ano na Ásia Central) e o emprego econômico das várias instalações solares é especialmente vantajoso. Ioffe iniciou uma nova era da termoelectricidade nos anos 30, com a construção de conversores com Energia Solar. Usando um espelho de 1,80 metros para concentrar o calor em um gerador termoelétrico semiconductor, afirmou haver produzido motores de um cavalo de força.

Em 1950, fabricou-se refletores de precisão, usados para soldas, e cozinhas solares equivalentes a uma fornalha de 600 W. Aquecedores de água de todos os tamanhos foram criados e um grande aquecedor em Tashkent fervia 500 litros de água diários. Em Usbek, uma caldeira solar produziu 130 kg de gelo por dia.

Houve outros grandes projetos, tais como o forno solar de Jerevan, onde cada coletor parabólico de 10 m de diâmetro produziu 50 kW de potência elétrica, podendo assim alimentar vários tipos de equipamentos solares (instalações de água quente, frigoríficos, alambiques solares, fogões, etc.) para fins domésticos e já se produzia industrialmente uma quantidade de equipamentos solares de vários tipos, em números relativamente grandes (25.000 unidades em 1974).

Segundo informações da Unesco, os cientistas russos estariam convencidos de que o século XXI será o século da Energia Solar.

Na Suíça, em junho de 1974, formou-se em Berna o “Schweizersche Vereinigung für Sonnenenergie” (SSES) (Associação Suíça para a Energia Solar), que tinha mais de 1000 membros dos setores industrial, profissional, científico e privado. Construíram-se sistemas de aquecimento solar da água e de ambiente. A SSES propôs que, na Suíça, todas as casas fossem equipadas com coletores solares (1,2 m<sup>2</sup> para cada proprietário), poupando-se assim cerca de um milhão de toneladas de energia por ano.

Os relojoeiros suíços fabricavam e vendiam relógios movidos pela Energia Solar para promover o antigo conceito de “relógio de Sol”.

Em Israel, produziram-se turbinas de cinco cavalos de força através de refletores plásticos inflados, muito eficazes na absorção de calor para usar nos aquecedores e centrais energéticas solares. O principal produto da Energia Solar em Israel foi o aquecedor de água solar, tão eficaz que os serviços públicos de eletricidade do país se viram obrigados a baixar seus preços para poder competir com o Sol. Provavelmente, foi a primeira vez que a Energia Solar foi economicamente competitiva com uma forma convencional de energia empregada na Terra. Produziram-se quatro mil aquecedores por ano, que foram vendidos em Israel e outros quatro países.

Os projetos de arquitetura solar foram também realizados em países como a Suécia, a Holanda, a Dinamarca e a Itália.

Grécia, Turquia, Israel, Chipre, Iraque, Índia, Marrocos, Espanha, Portugal, Chile, Irã, México, Venezuela e Argentina, também já usavam sistemas solares de água quente, os quais, em muitos países, já tinham a mesma importância que todos os outros aspectos da indústria e da construção.

A Argélia investigava o condicionamento de ar nas casas situadas no deserto do Sahara. Construiu um grande forno solar em Bouzareah e utilizou-o para investigações

fotoquímicas e para produção de nitrogênio. Também se estudava a termoeletricidade, as superfícies seletivas e os acumuladores solares. Aquecedores de água eram produzidos comercialmente.

A Birmânia construiu a pouco custo cozinhas, aquecedores e alambiques solares.

O Canadá construiu uma casa com calefação solar, apesar de sua posição geográfica, no extremo norte do globo.

A Ceilândia também investigou o uso da Energia Solar para fins de refrigeração. E em 1955, os cientistas do país prestaram uma valiosa contribuição, ao medir a radiação solar durante um eclipse.

O Chile construiu grandes alambiques solares e os engenheiros voltaram a propor tais instalações no século XX. O Sol foi usado também para evaporar poços em companhias químicas, além de construirem-se cozinhas, aquecedores, fornos e baterias solares.

A China, com grande densidade demográfica, calculava que os recursos locais de combustíveis fósseis terminariam antes do fim do século XX. Produziu-se cozinhas, calefatores de ambientes, aquecedores de água e fornos, economizando combustíveis convencionais. Em Shanghai, quase oitenta fábricas produziam aquecedores e cozinhas.

No Egito, além da grande máquina solar de Shuman e Boys, de cem cavalos de força, os cientistas investigaram a destilação da água marinha, a calefação, a secagem de grãos e o bombeamento de água.

Na Índia, fabricou-se cozinhas, alambiques e aquecedores solares práticos. O trabalho avançou na produção de refrigeradores e centrais energéticas solares para as aldeias.

Na Itália, sede da Conferência de Energia das Nações Unidas, em 1961, construíram-se caloríferos para ambientes e instalações residenciais com aquecedores de água.

No Líbano, aperfeiçoou-se uma cozinha solar portátil.

A Sudáfrica continuou investigando sobre calefação de ambientes, aquecimento de água, alambiques e fornos solares.

A Espanha formou a Comissão Especial de Energia.

Em 1973, o Comitê da OTAN para “The Challenges of Modern Sciences” (CCMS) (“Os Desafios das Ciências Modernas”) aprovou um programa de pesquisa para o aproveitamento da Energia Solar e concedeu cerca de um milhão de libras para fins de

investigação, tendo também empreendido um projeto comum para a utilização da Energia Solar, em Bruxelas. O Japão e a Suécia, que não pertencem à OTAN, também participaram desta importante atividade internacional.

No mesmo período, a CEE (Comunidade Econômica Européia) examinou com muito interesse um programa provisório para a pesquisa e incremento da Energia Solar, com orçamentos em média de aproximadamente dois milhões de libras por ano.

Nas décadas de 80 e 90, a Energia Solar contribuiu muito para reduzir o consumo energético das fontes convencionais. A Energia Solar foi utilizada em uma escala bem mais significativa.

Segundo Bezerra (1986), a aplicação mais difundida em todo mundo, até então, era o aquecimento da água domiciliar. O Japão contava com uma infra-estrutura responsável por mais de quinze milhões de aparelhos instalados em 1985. Na França, Israel, e Austrália, as indústrias de equipamentos solares somavam mais de 250.000 unidades para aquecimento da água domiciliar e outros fins, além de programas de destilação solar. Na mesma época, a Inglaterra utilizava a Energia Solar em mais de 10.000 residências, enquanto que, na Índia, na Faculdade de Engenharia Agrícola de Jabalpur, fazia-se a secagem dos mais variados produtos e, em Ludhiana, dez toneladas de arroz eram secados diariamente pelo mesmo processo.

Nos anos 80 e 90, a Energia Solar Fotovoltaica passou a uma posição importante no cenário mundial da energia renovável. Primeiro, com a eletrificação de residências afastadas da rede convencional, e por último, com a conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica (centrais elétricas e integradas a telhados e fachadas de prédios urbanos).

Hoje, em todo o mundo, existem milhares de instalações que utilizam a Energia Solar Fotovoltaica, segundo Siemens (1999):

- a) Iluminação: iluminação de interiores; iluminação externa; placas de publicidade; luzes de emergência; sinalização em torres, antenas e edifícios; iluminação de praças, ruas e acessos;
- b) Refrigeração: uso doméstico; conservação de vacinas e medicamentos em postos de saúde na zona rural; conservação de alimentos e bebidas em embarcações e veículos; fabricação de gelo para pescadores e transporte de vacinas;

- c) Bombeamento de água: bombeamento de água residencial; bombeamento de água para consumo em pequenas comunidades; sistemas de irrigação em pequeno porte;
- d) Telecomunicações: estação remota de rádio; torres repetidoras de televisão; auxílio à navegação; repetidoras de telefone celular; telefones de urgência em estradas;
- e) Estação remota de monitoramento: monitoramento das condições climáticas e ambientais, tais como temperatura, níveis de poluição, umidade, insolação e velocidade dos ventos; controle de tráfego em estradas; registros sísmicos; investigações científicas;
- f) Proteção catódica: controle de corrosão de metais em torres de transmissão, tanques de armazenamento, estradas de ferro, pontes, gasodutos, oleodutos e aquadutos;
- g) Suprimento de energia: para ser utilizado em conjunto com aparelhos de televisão, áudio, eletrodomésticos em geral e computadores;
- h) Alimentação de equipamentos eletrônicos portáteis, tais como rádios, televisores, telefones, ventiladores, máquinas fotográficas, câmeras, calculadoras e computadores de bolso;
- i) Eletrificação de cercas;
- j) Instrumentos veterinários para o trato do gado;
- k) Sistema de rastreamento do espaço aéreo;
- l) Sistemas de segurança;
- m) Sistemas de ventilação;
- n) Controle de válvulas em gasodutos;
- o) Carregador de baterias automotivas;
- p) Comando de disjuntores remotos;
- q) Abertura e fechamento de comportas fluviais;
- r) Campismo.

### **3 PROJETO: “ENERGIA SOLAR NO ENSINO DA MATEMÁTICA”**

Mais do que um elenco de conteúdos, a opção pelo tema “Energia Solar” consiste em oferecer aos alunos instrumentos que lhes possibilitem posicionar-se em relação às questões ambientais e intervir nesta realidade, visto que a questão energética é intrínseca à questão ambiental, pois na origem de todos os principais problemas ambientais que estamos vivendo, como a inversão térmica, a qualidade do ar, a chuva ácida, o aquecimento do planeta e a destruição da camada de ozônio, está o tipo de energia e a forma como é usada (Goldenberg, 1999).

A Matemática articulada à Educação Ambiental, através do tema Energia Solar, pretende tornar presente na escola a discussão sobre uma postura de vida mais consciente, onde os conteúdos matemáticos auxiliarão na leitura crítica deste mundo que nos cerca e possibilitarão a interferência pessoal na construção de uma sociedade mais equilibrada.

As atividades do projeto, além de focar as preocupações com as questões energéticas atuais, consideram os direitos e deveres dos alunos dentro de sua comunidade, em relação à qualidade do ambiente em que vivem, chegando às possibilidades de atuação individual e coletiva.

Estas atividades do projeto foram elaboradas de acordo com o nível de cognição proposto para a disciplina de Matemática para cada série do Ensino Médio, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (1999).

Tais atividades foram organizadas de forma a serem inseridas no currículo desta disciplina, estabelecendo o maior número possível de relações com a Energia Solar e fazendo uso de conteúdos matemáticos para resolvê-los, interpretá-los e avaliá-los criticamente.

Tentou-se estabelecer parâmetros que pudessem propiciar o agrupamento das atividades elencadas e, com isso, viabilizar a aplicação do projeto do ponto de vista

metodológico. No entanto, vale ressaltar que essa divisão é relativa, considerando-se a complexidade do tema e a inter-relação das atividades entre si.

Nesse contexto, o professor poderá sempre fazer conexões entre as atividades e sugerir outros temas de interesse geral e outras tarefas, dentro e fora de cada atividade, que possibilitem uma reflexão sobre medidas necessárias, discussão de responsabilidades e decisão sobre possíveis contribuições pessoais e coletivas, potencializando essas pequenas, porém importantes, contribuições. Este modo de organização indica uma perspectiva de abordagem sem um padrão rígido.

A aplicação das atividades do projeto, nas três séries do Ensino Médio, não deve ser feita de forma consecutiva ou em módulos. Não se recomenda dar aulas de Energia Solar e sim aplicar atividades com o tema. Os conceitos de Energia Solar inserem-se à medida que as aulas de Matemática vão transcorrendo normalmente.

Salienta-se também que alguns conteúdos já se encontram contemplados em algumas disciplinas do Ensino Médio como Geografia, Física, Química, etc., mas que proporcionam a este projeto uma compreensão do tema de forma integral e multidisciplinar.

Para melhor compreensão da temática em foco, em cada atividade, são apontados objetivos, conceitos, procedimentos e orientações metodológicas.

A tabela a seguir demonstra os conteúdos de Matemática e Energia Solar que foram analisados e selecionados para o projeto, em cada série do Ensino Médio, que são compatíveis:

Tabela 3 - Conteúdos abordados no projeto

<b>NÍVEL DO ENSINO MÉDIO</b>	<b>CONTEÚDOS ABORDADOS EM MATEMÁTICA</b>	<b>CONTEÚDOS ABORDADOS EM ENERGIA SOLAR</b>
1º ANO	Notação científica Gráficos Porcentagens Função exponencial Função logarítmica	Ondas e espectro eletromagnético Tipos de radiação Camada de ozônio e efeito estufa Ganhos e impactos ambientais Painéis fotovoltaicos Coletores solares
2º ANO	Porcentagens Semelhança de triângulos Funções trigonométricas Lei dos senos e lei dos cossenos Teorema de Pitágoras Áreas e volumes	Potência Rendimento de coletores Quantidade de calor Perdas térmicas Consumo de energia elétrica Aquecimento de água
3º ANO	Funções trigonométricas Equações algébricas Mudança de unidades Ângulos Gráficos	Fator solar Declinação solar Equação do tempo Tempo solar verdadeiro Latitude, longitude e altitude solar Ângulo horário e de inclinação Ângulo azimutal e zenital Radiação solar extraterrestre

#### ATIVIDADE 01: Cálculo do consumo residencial de energia elétrica

Objetivo: Calcular, através de um tabela de dados investigados e utilizando proporções e porcentagens, o consumo médio de energia elétrica de uma residência, para posterior análise, comparação de dados e discussão sobre os equipamentos domésticos que mais influem neste consumo, assim como discutir medidas cabíveis para o uso racional da energia e ganhos ambientais decorrentes desta utilização.

1) Elabore a sua conta mensal de energia elétrica, mostrando em uma tabela, conforme o exemplo abaixo, os equipamentos ou eletrodomésticos utilizados na sua residência, com a respectiva potência (em W e kW), tempo diário e mensal de utilização (em horas), o consumo

de energia (em kWh), o valor do consumo de cada item (em reais) e o valor total mensal (em reais). (Lembrete: 1W = 1000kW)

Tabela 4 - Exemplo de conta mensal de energia elétrica

EQUIPAMENTO OU ELETRO-DOMÉSTICO	P	P	H	D	H	C	V
	O	O	O	I	O	O	A
	T	T	R	A	R	N	L
	Ê	Ê	A	S	A	S	O
	N	N	S	/	S	U	R
	C	C	/	M	/	M	
	I	I	D	Ê	M	O	
	A	A	I	S	Ê		
			A		S		
	(W)	(kW)				(kWh)	(R\$)
Chuveiro	5000	5	1	30	30	150	45,00
Lavadora de roupas							
Ferro							
Geladeira							
Aspirador de pó							
Liquidificador							
TV							
Vídeo							
Aparelho de som							
Lâmpadas							
<b>TOTAL:</b>							

Obs.: Freezer e geladeira possuem um tempo médio de utilização de 10h/dia, período em que o compressor fica ligado para manter a temperatura do interior. No verão, há um aumento na ordem de 20% a 30%.

2) Quais os equipamentos e eletrodomésticos que mais consomem energia em sua residência?

3) Calcule o percentual que estes equipamentos e eletrodomésticos representam no seu consumo mensal de energia elétrica.

4) Compare com seus colegas de grupo os resultados encontrados.

5) Discuta com o seu grupo algumas atitudes que cada um pode tomar para utilizar a energia elétrica de forma mais racional.

6) Discuta também sobre: Que ganhos ambientais teríamos se houvesse uma conscientização para o uso racional da energia elétrica?

Orientações metodológicas: Para a execução da atividade em sala de aula é necessário solicitar aos alunos que investiguem antecipadamente quais os equipamentos e eletrodomésticos existentes em sua residência, com as respectivas potências, e acrescentando os que não fazem parte da tabela sugerida. Também é preciso pesquisar o valor da tarifa do kWh cobrado pela concessionária de energia elétrica. É importante que os alunos trabalhem em pequenos grupos, para que possam discutir e comparar resultados. Não há uma resposta exata para as questões propostas, pois elas são abertas. É preciso salientar que o chuveiro é o grande vilão do consumo de energia elétrica, a nível doméstico, no Brasil, que é um dos poucos países (talvez o único) que ainda utilizam o chuveiro elétrico com resistência. Conseqüentemente, no exercício, o chuveiro terá, para uma família média ou grande, uma contribuição maior no consumo mensal de energia elétrica. Outros equipamentos, como a geladeira, o freezer, os microondas e as lâmpadas, também contribuem significativamente para a elevação do consumo. A mudança de alguns hábitos, visando diminuir o consumo de energia e evitar o desperdício, pode, em princípio, parecer pouco significativo, mas a nível global, é extremamente importante. Por exemplo, trocar as lâmpadas incandescentes por fluorescentes, não deixar a porta da geladeira aberta por muito tempo, evitar que o freezer fique ligado com pouco alimento, e usar cores claras nas paredes. No caso do chuveiro, instalar um coletor solar para aquecimento da água para banheiros e cozinhas é a solução ideal, pois é viável economicamente, existe tecnologia disponível e, principalmente no Brasil, o Sol é abundante durante todo o ano. A nível global, o ganho ambiental em economizar energia elétrica é reduzir a agressão ao meio ambiente causada pela construção de novas usinas hidrelétricas, que destroem florestas, afetam os solos, as águas doces e salgadas e a diversidade biológica, além do dano social e psicológico de deslocar comunidades ou cidades inteiras para outras áreas. Outro importante problema relacionado ao uso não racional da

energia elétrica é o risco de “apagão”, que traz como consequência o controle do consumo e elevação das tarifas, além de deixar sem energia regiões e estados inteiros, fábricas, hospitais e outros serviços essenciais, causando elevados prejuízos financeiros.

ATIVIDADE 02: Cálculo do consumo e da despesa residencial com o chuveiro elétrico

Objetivo: Calcular as despesas geradas pelo uso de chuveiros elétricos de várias potências, inclusive da própria residência, a partir do consumo de eletricidade diário, mensal e anual, tornando evidente, com a utilização de proporções e porcentagens, algumas medidas simples e hábitos que podem diminuir sensivelmente o consumo de eletricidade na utilização do chuveiro elétrico.

1) Qual o consumo e a despesa diária, mensal e anual, respectivamente, que um chuveiro elétrico de 5400 W proporciona, em uma casa em que cada uma das quatro pessoas que nela residem tomam dois banhos de 20 min, por dia. Considere a tarifa do kWh cobrado em sua cidade.

$$t_{\text{chuveiro}} = 8 \cdot 20 \text{ min} \cdot \frac{1\text{h}}{60 \text{ min}} = 2,67 \text{ h}$$

Consumo diário = Potência térmica do chuveiro . tempo de utilização do chuveiro

$$\text{Consumo diário} = 5,4 \text{ kW} \cdot 2,67 \text{ h}$$

$$\text{Consumo diário} = 14,42 \text{ kWh}$$

Despesa diária = Tarifa por kWh . consumo diário

$$\text{Despesa diária} = \text{R\$ } 0,30 \cdot 14,42 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa diária} = \text{R\$ } 4,33$$

$$\text{Consumo mensal} = 14,42 \text{ kWh} \cdot 30 \text{ dias}$$

$$\text{Consumo mensal} = 432,6 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa mensal} = \text{R\$ } 0,30 \cdot 432,6 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa mensal} = \text{R\$ } 129,78$$

$$\text{Consumo anual} = 14,42 \text{ kWh} \cdot 365 \text{ dias}$$

$$\text{Consumo anual} = 5263,3 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa anual} = \text{R\$ } 0,30 \cdot 5263,3 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa anual} = \text{R\$ } 1578,99$$

2) Calcule o consumo e a despesa diária, mensal e anual utilizando os dados do problema inicial para um chuveiro de 4500 W.

$$t_{\text{chuveiro}} = 8 \cdot 20 \text{ min} \cdot \frac{1\text{h}}{60 \text{ min}} = 2,67 \text{ h}$$

$$\text{Consumo diário} = \text{Potência térmica do chuveiro} \cdot \text{tempo de utilização do chuveiro}$$

$$\text{Consumo diário} = 4,5 \text{ kW} \cdot 2,67 \text{ h}$$

$$\text{Consumo diário} = 12 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa diária} = \text{Tarifa por kWh} \cdot \text{consumo diário}$$

$$\text{Despesa diária} = \text{R\$ } 0,30 \cdot 12 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa diária} = \text{R\$ } 3,60$$

$$\text{Consumo mensal} = 12 \text{ kWh} \cdot 30 \text{ dias}$$

$$\text{Consumo mensal} = 360 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa mensal} = \text{R\$ } 0,30 \cdot 360 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa mensal} = \text{R\$ } 108,00$$

$$\text{Consumo anual} = 12 \text{ kWh} \cdot 365 \text{ dias}$$

$$\text{Consumo anual} = 4380 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa anual} = \text{R\$ } 0,30 \cdot 4380 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa anual} = \text{R\$ } 1314,00$$

3) Qual a economia anual, em reais e em porcentagem, verificada quando se utilizou um chuveiro elétrico de 4500 W ao invés do de 5400 W?

$$1578,99 - 1314,00 = 264,99 \text{ reais}$$

$$\frac{1578,99 - 1314,00}{1314,00} = \frac{264,99}{1314,00} = 0,201666... = 20,17 \%$$

4) Calcule o consumo e a despesa diária, mensal e anual utilizando os dados do problema inicial para um chuveiro de 4500 W e tempo de 15 min por banho.

$$t_{\text{chuveiro}} = 8 \cdot 15 \text{ min} \cdot \frac{1\text{h}}{60 \text{ min}} = 2 \text{ h}$$

Consumo diário = Potência térmica do chuveiro . tempo de utilização do chuveiro

$$\text{Consumo diário} = 4,5 \text{ kW} \cdot 2 \text{ h}$$

$$\text{Consumo diário} = 9 \text{ kWh}$$

Despesa diária = Tarifa por kWh . consumo diário

$$\text{Despesa diária} = \text{R\$ } 0,30 \cdot 9 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa diária} = \text{R\$ } 2,70$$

$$\text{Consumo mensal} = 9 \text{ kWh} \cdot 30 \text{ dias}$$

$$\text{Consumo mensal} = 270 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa mensal} = \text{R\$ } 0,30 \cdot 270 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa mensal} = \text{R\$ } 81,00$$

$$\text{Consumo anual} = 9 \text{ kWh} \cdot 365 \text{ dias}$$

$$\text{Consumo anual} = 3285 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa anual} = \text{R\$ } 0,30 \cdot 3285 \text{ kWh}$$

$$\text{Despesa anual} = \text{R\$ } 985,50$$

5) Qual a economia anual, em reais e em porcentagem, verificada quando se utilizou um chuveiro elétrico de 4500W e se reduziu o tempo de 20min para 15min por banho?

$$1314,00 - 985,50 = 328,50 \text{ reais}$$

$$\frac{1314,00 - 985,50}{985,50} = \frac{328,50}{985,50} = 0,3333... = 33,33 \%$$

6) Qual o valor, em reais, e a porcentagem que traduz a economia anual feita quando se reduziu o tempo de banho de 20 min para 15 min e, ainda, trocou-se a potência térmica do chuveiro de 5400 W para 4500 W?

$$1578,99 - 985,50 = 593,49$$

$$\frac{1578,99 - 985,50}{985,50} = \frac{593,49}{985,50} = 0,6022 = 60,22\%$$

7) Calcule agora o consumo e a despesa diária, mensal e anual, respectivamente, do(s) chuveiro(s) elétrico(s) utilizado na sua residência, considerando a sua potência térmica e o tempo de utilização. Considere a tarifa do kWh cobrado em sua cidade.

8) Compare com seus colegas de grupo os resultados encontrados.

Orientações metodológicas: Através das atividades efetuadas, salientar aos alunos que uma simples mudança técnica, como a troca de um chuveiro de 5400W por um de 4500W, já resulta em uma economia anual de 20%. Já uma simples mudança de hábito no tempo de cada banho, resulta em uma economia de 33,33%, e ainda, com as duas mudanças feitas, consegue-se uma economia anual de 60,22%, que equivale a R\$ 593,49. Para residências com um número elevado de habitantes, e conseqüentemente um tempo de utilização maior dos chuveiros elétricos, esta economia é muito significativa. Porém, a despesa ainda é alta. Portanto, apesar dessas mudanças possíveis, a melhor opção ainda é a instalação de um coletor solar para aquecimento da água.

### ATIVIDADE 03: Dimensionamento de coletores solares residenciais

Objetivo: Calcular, através de funções envolvendo conceitos físico-químicos e de medidas solarimétricas, a área necessária de coletores solares planos para aquecimento de água, inclusive da própria residência, a partir do consumo e temperatura de água quente desejado.

### TEXTO DE APOIO:

## DIMENSIONAMENTO DE COLETORES SOLARES PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA RESIDENCIAL

Pretendendo-se dimensionar um coletor solar plano para aquecimento de água residencial, pode ser sugerida a seguinte rotina, conforme Araújo (1982):

- a) Estabelecimento do consumo de água quente desejado – a ABNT estabelece um consumo diário de 60 litros por pessoa e, para uso em hotéis, 36 litros por hóspede;
- b) Estabelecimento das temperaturas inicial e final da água – pode-se admitir, em dia claro, que a água atinja temperatura de 80°C. Entretanto, em um projeto, por segurança, seja razoável estabelecer-se de 65°C a 70°C como temperatura de saída da água;
- c) Fixação da radiação solar incidente e temperatura de equilíbrio, que é feita através do conhecimento das condições locais e diferentes tipos de coletor. Em média, é admissível empregar-se em projeto o valor de 790W/m<sup>2</sup>;
- d) Verificação do período de insolação – o período de aquecimento mais intenso ocorre entre 3 horas antes e 3 horas depois da posição do Sol a pino (meio-dia solar), ou seja, de 9h até 15h, totalizando 6 horas;
- e) Estabelecimento da eficiência do coletor, o que dependerá essencialmente do material do coletor, do número de coberturas de vidro ou plástico, da diferença de temperatura entre a superfície absorvedora e o ar ambiente (temperatura de equilíbrio), e da distância entre os tubos dispostos nas placas absorvedoras. De modo geral, em dias claros, a eficiência fica em torno de 45% e, em dias nublados, em cerca de 35%. Esses valores são válidos para placas de alumínio com tubos dispostos em serpentina, fixados às placas e uma cobertura de vidro. Para placas de cobre, a eficiência é aumentada em cerca de 7% e para placas de aço galvanizado é reduzida em 10%;
- f) Definição da posição solar do coletor – o coletor deverá estar orientado para o Norte (para projetos no Hemisfério Sul) e com inclinação igual à latitude do lugar, tratando-se de instalação com circulação forçada, ou com 10° acima da latitude local, se a instalação é de circulação natural (termossifão). O aumento dado ao

ângulo da latitude permite um aproveitamento melhor da radiação incidente, em virtude da variação anual da declinação solar.

E segundo Bezerra (1990, p. 58-59), é possível, em algumas regiões como o nordeste brasileiro, dimensionar o coletor solar a partir dos seguintes dados:

- a) Temperatura de saída da água de 50°C (para banho);
- b) Consumo diário de água de 40 litros por pessoa (para banho);
- c) Período de insolação diária de 8 horas;
- d) Eficiência do coletor de 55%.

No caso de a água ser empregada na cozinha, nenhuma redução deve ser feita na temperatura de saída, já que quanto mais aquecida, melhor será para este tipo de emprego.

A área do coletor é obtida através da seguinte fórmula:

$$A = \frac{Q}{I \cdot t \cdot E} \quad \text{ou} \quad A = \frac{Q}{I \cdot \eta}$$

Onde:

A = área do coletor (em m<sup>2</sup>)

Q = quantidade de calor por unidade de tempo necessário para aquecer água (em Ws ou kcal/hora ou J)

I = radiação solar incidente (em W/m<sup>2</sup> ou cal/cm<sup>2</sup>.min ou kcal/m<sup>2</sup>.h)

t = tempo de atuação solar (em horas)

E = eficiência do coletor

η = rendimento do coletor

A quantidade de calor Q é obtida por:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (1^{\text{a}} \text{ Lei da Termodinâmica})$$

Onde:

Q = quantidade de calor por unidade de tempo (em Ws ou kcal/h ou J)

m = fluxo de massa = volume de água por unidade de tempo (em litros/hora ou kg/hora)

c = calor específico da água (4187 Ws/kg °C ou 1 kcal/kg °C)

$\Delta T$  = variação entre as temperaturas final e inicial da água (em °C)

1) Calcular a área de um coletor solar plano de circulação natural, de cobre, instalado em uma residência, capaz de aquecer 300 litros diários de água até 65°C, sendo a temperatura ambiente igual a 27°C e supondo um dia claro, em Porto Alegre.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 300 \cdot 4187 \cdot (65 - 27)$$

$$Q = 47.731.800 \text{ Ws}$$

Considerando-se  $I = 790 \text{ W/m}^2$  e  $t = 6 \text{ h}$ , tem-se:

$$I \cdot t = 790 \cdot 6 = 4740 \text{ W/m}^2$$

Assim, supondo uma eficiência final de 45% + 7% (cobre), a área do coletor será:

$$A = \frac{Q}{I \cdot t \cdot E} = \frac{47731800}{4740 \cdot 3600 \cdot 0,52} = 5,4 \text{ m}^2$$

Obs.: O valor “3600” na fórmula corresponde ao acerto da unidade para horas.

Essa área pode ser distribuída, por exemplo, em três painéis de 1,8m de altura e 1m de largura.

2) Quantas pessoas podem ser abastecidas com água quente na residência citada no exercício anterior?

Usando-se como padrão 60 litros diários por pessoa, pode-se abastecer com água quente uma casa com  $\frac{300}{60} = 5$  pessoas.

3) Qual deve ser a direção e o ângulo de inclinação do coletor citado acima?

O coletor deve estar voltado para o Norte (para projetos no Hemisfério Sul) e com inclinação de  $30^\circ + 10^\circ = 40^\circ$ .

4) Calcular a área de um coletor solar plano de circulação natural, necessária para aquecer 250 litros de água a 70°C, com a temperatura ambiente de 28°C, tempo de operação de 7 horas/dia, radiação solar incidente de 663W/m<sup>2</sup> e rendimento máximo do coletor de 55%.

$$m = \frac{250 \text{ litros}}{7 \text{ h}} = 35,71 \text{ litros/h}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 35,71 \cdot 1 \cdot (70 - 28) = 1500 \text{ kcal/h}$$

É necessário transformar a unidade da radiação solar incidente utilizando 1 kWh = 860 kcal e 1 kWh = 1000 Wh:

$$I = 663 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \cdot \frac{860 \text{ kcal}}{1000 \text{ Wh}} = 570 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2$$

$$A = \frac{Q}{I \cdot \eta} = \frac{1500}{570 \cdot 0,55} = 4,78 \text{ m}^2$$

5) Calcular o volume de água a ser aquecida por um coletor solar de área 4,2m<sup>2</sup> e eficiência de 45%, com um tempo de operação de 7h/dia, variação de temperatura (entrada/saída) de 23°C e radiação solar incidente de 584W/m<sup>2</sup>.

É necessário transformar a unidade da radiação solar incidente utilizando 1 kWh = 860 kcal e 1 kWh = 1000 Wh:

$$I = 584 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \cdot \frac{860 \text{ kcal}}{1000 \text{ Wh}} = 502,24 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Se } A = \frac{Q}{I \cdot \eta}, \text{ então } Q = A \cdot I \cdot \eta.$$

$$\text{Assim, } Q = 4,2 \text{ m}^2 \cdot 502,24 \cdot \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \cdot 0,45 = 949,23 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Se } Q = m \cdot c \cdot \Delta T, \text{ então } Q = \frac{V}{t} \cdot c \cdot \Delta T.$$

Como  $c = 1$ , temos:

$$V = \frac{Q \cdot t}{\Delta T} = \frac{949,23 \cdot \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot 7 \frac{\text{h}}{\text{dia}}}{23} = 288,9 \text{ litros/dia}$$

6) Calcular a área de um coletor solar plano de circulação natural, necessária para aquecer 250 litros de água a 70°C, com a temperatura ambiente de 27°C, tempo de operação de 7 horas/dia, radiação solar incidente de 0,8 cal/cm<sup>2</sup>.min e rendimento máximo do coletor de 45 %.

$$m = \frac{250 \text{ litros}}{7 \text{ h}} = 35,71 \text{ litros/h}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 35,71 \cdot 1 \cdot (70 - 27) = 1535 \text{ kcal/h}$$

É necessário transformar a unidade da radiação solar incidente utilizando 1 h = 60 min, 1 m<sup>2</sup> = 10000 cm<sup>2</sup> e 1000 cal = 1 kcal:

$$I = 0,8 \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \cdot \frac{1 \text{ kcal}}{1000 \text{ cal}} = 480 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2$$

$$A = \frac{Q}{I \cdot \eta} = \frac{1535}{480 \cdot 0,45} = 7,11 \text{ m}^2$$

7) Se, no exercício anterior, a temperatura de saída da água fosse de 50°C, qual seria a área do coletor solar?

$$m = \frac{250 \text{ litros}}{7 \text{ h}} = 35,71 \text{ litros/h}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 35,71 \cdot 1 \cdot (50 - 27) = 821 \text{ kcal/h}$$

$$A = \frac{Q}{I \cdot \eta} = \frac{821}{480 \cdot 0,45} = 3,8 \text{ m}^2$$

8) Qual seria o percentual p de redução do coletor?

$$p = \frac{7,11 - 3,8}{7,11} = 0,4655 = 46,55\%$$

9) Em que isto implicaria?

Implicaria numa grande redução dos custos de instalação do coletor.

10) Calcular, em kW, a potência (P) térmica ( $P = A \cdot I \cdot \eta$ ) de um coletor solar para aquecimento de água com as seguintes características:

$$\text{Área do coletor: } A = 6\text{m}^2$$

$$\text{Rendimento do coletor: } \eta = 50\%$$

$$\text{Radiação solar incidente: } I = 11,46 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{min}$$

É necessário transformar a unidade da radiação solar incidente utilizando  $1 \text{ h} = 60 \text{ min}$ ,  $1000 \text{ W} = 860 \text{ kcal}$  e  $1000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$ :

$$I = 11,46 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ kW}}{860 \text{ kcal}} = 0,8 \text{ kW/h} \cdot \text{m}^2$$

$$P = A \cdot I \cdot \eta = 6 \cdot 0,8 \cdot 0,5 = 2,4 \text{ kW}$$

11) Qual a economia diária, que o coletor do exercício anterior proporciona em uma casa na qual há 6 pessoas e cada uma gasta 20 minutos diários no banho. Suponha que  $1 \text{ kWh} = \text{R\$ } 0,30$ .

$$\text{Economia} = \text{Potência do coletor} \times \text{frequência diária de uso} \times \text{tempo} \times \text{valor do kWh}$$

$$\text{Economia diária} = 2,4 \text{ kW} \cdot 6 \cdot \frac{1}{3} \text{ de hora} \cdot \text{R\$ } 0,30$$

$$\text{Economia diária} = \text{R\$ } 1,44$$

12) Calcule também a economia mensal, anual, e a economia em 20 anos (tempo de vida útil do coletor).

$$\text{Economia mensal} = \text{R\$ } 1,44 \cdot 30 \text{ dias} = \text{R\$ } 43,20$$

$$\text{Economia anual} = \text{R\$ } 1,44 \cdot 365 \text{ dias} = \text{R\$ } 525,60$$

$$\text{Economia em 20 anos} = \text{R\$ } 1,44 \cdot 7300 \text{ dias} = \text{R\$ } 10.512,00$$

13) Calcule agora a área de um coletor solar plano de circulação natural, necessária para aquecer a água da sua residência a  $50^\circ\text{C}$ , conforme o número de pessoas. Admita o rendimento do coletor de 50% e tempo de operação de 7h/dia. Procure saber antes o valor da radiação solar média anual incidente na sua cidade e a temperatura ambiente média.

14) Calcule, para o coletor do exercício anterior, a potência térmica e a economia diária, mensal, anual e em 20 anos, se instalado na sua residência, ou seja, considerando o número de pessoas e o tempo de banho diário de cada uma. Procure saber antes o valor do kWh cobrado pela concessionária de energia da sua cidade.

15) Em 1983, existiam no Rio Grande do Sul, 20000m<sup>2</sup> de coletores solares residenciais instalados para aquecimento de água (Zilberman, 1985). Os manuais indicam, para Porto Alegre, um valor médio anual de radiação solar, com atmosfera clara, em torno de 6kWh/m<sup>2</sup>/dia. Considerando os problemas técnicos existentes e os fatores de segurança quanto a rendimentos, poder-se-ia considerar apenas 50% desse valor nos cálculos que forem efetuados. Pesquisas indicam que o Estado possuía algo em torno de 1 milhão de chuveiros elétricos de 2kW e seu uso na ordem de 0,5 horas/dia/chuveiro. Compare o potencial energético diário dos equipamentos solares instalados com o dos chuveiros elétricos, calculando a porcentagem correspondente.

$$\text{Coletores: } 20.000 \text{ m}^2 \times 3 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia} = 60.000 \text{ kWh/dia}$$

$$\text{Chuveiros: } 10^6 \text{ chuveiros} \times 2 \text{ kW} \times 0,5 \text{ hora/dia} \cdot \text{chuveiro} = 10^6 \text{ kWh/dia}$$

Assim, fazendo 60000/10<sup>6</sup> vemos que corresponde a, aproximadamente, 6%, o que é bastante significativo.

Orientações metodológicas: É necessário solicitar aos alunos que pesquisem, antecipadamente, a latitude de Porto Alegre, a temperatura média anual e a radiação solar média anual na cidade, o que pode ser feito com o auxílio de um Atlas ou com profissionais de Geografia e de institutos de meteorologia, ou ainda consultando sites específicos na Internet. Devem saber também o valor do calor específico da água (consultar material didático de Química) e do kWh cobrado pela concessionária de energia (consultar a fatura mensal de energia elétrica da própria residência). Salientar que o acréscimo de 10° no ângulo de inclinação do coletor solar resulta em melhor incidência dos oblíquos raios solares de inverno, já que é exatamente neste período que mais necessita-se de água quente e menos radiação solar incide no Hemisfério Sul. No verão não há problemas deste tipo, pois apesar deste acréscimo de 10° não favorecer a melhor captação de energia neste período, a intensidade da radiação solar de verão, as altas temperaturas e o maior número diário de horas de insolação compensam. Salientar também que, mesmo no Sul, a água aquecida a 70°C é muito quente

para o banho. Mantendo o mesmo volume de água, e reduzindo a temperatura da água na saída do coletor, há redução também da área necessária de coletor, o que é bem significativo em termos de custos.

#### ATIVIDADE 04: Análise de gráficos de demanda de energia e custos da energia solar

Objetivo: Analisar e interpretar graficamente a demanda e o custo da energia solar, destacando pontos máximos e mínimos, domínios e imagens, importantes para a compreensão do uso racional da energia e da redução nos custos da energia solar.

1) O gráfico a seguir mostra a demanda de energia elétrica da concessionária de uma certa região em função do número de horas. Analise-o e responda:

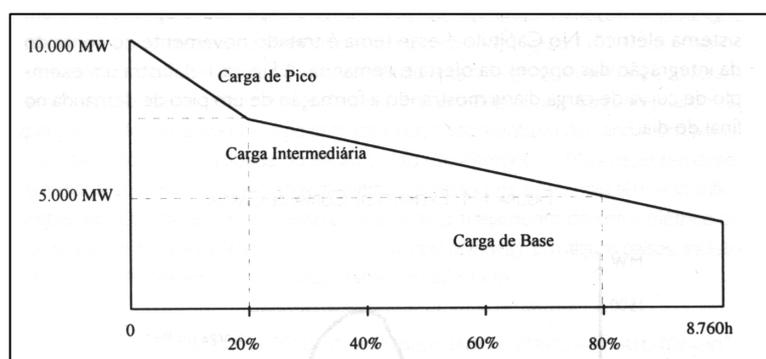


Figura 1 - Exemplo de Curva de Duração de Carga

Fonte: Jannuzzi, 1997, p. 21

a) O que o gráfico representa? Essa curva representa o número de horas no ano em que se registram níveis determinados de demanda de energia elétrica.

b) Como o gráfico se comporta? De maneira geral, mostra umas poucas horas de demanda típica de pico alto e então, uma redução gradual da carga com um aumento acumulativo da frequência.

c) Qual o tempo total de utilização?  $\frac{8760h}{24h} = 365$  dias

d) Qual o valor máximo de demanda de energia? 10000MW

e) Qual o tempo diário médio de utilização da carga de pico?

$$20\% \cdot 8760h = 1752h$$

$$\frac{1752\text{h}}{365\text{dias}} = 4,8\text{h/dia}$$

2) O gráfico a seguir mostra a demanda de energia elétrica da concessionária de uma certa região em função do horário de utilização. Analise-o e responda:

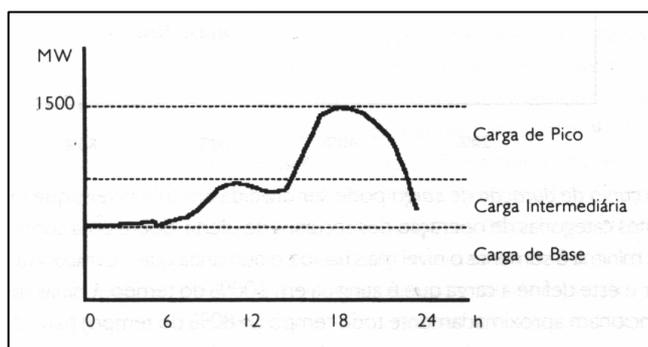


Figura 2 - Exemplo de Curva de Carga

Fonte: Jannuzzi, 1997, p. 22

a) O que o gráfico representa?

Essa curva representa o horário do dia em que se registram níveis determinados de demanda de energia elétrica.

b) Como o gráfico se comporta quanto ao crescimento?

É crescente entre 0h e 18h (decrece um pouco após 12h), e após, decrescente.

c) Em que período do dia o gráfico registra demanda na carga intermediária?

Aproximadamente entre 0h e 15h e após 23h.

d) Em que período do dia o gráfico registra demanda na carga de pico?

Aproximadamente entre 16h e 22h.

e) Qual o ponto máximo de demanda de energia? 1500MW às 18h.

3) O gráfico a seguir mostra o gasto por ano para aquecer uma piscina de 80.000 litros (figura abaixo) com diversos tipos de aquecedores.



Figura 3 - Piscina sustentável

Fonte: [www.soletrol.com.br](http://www.soletrol.com.br)

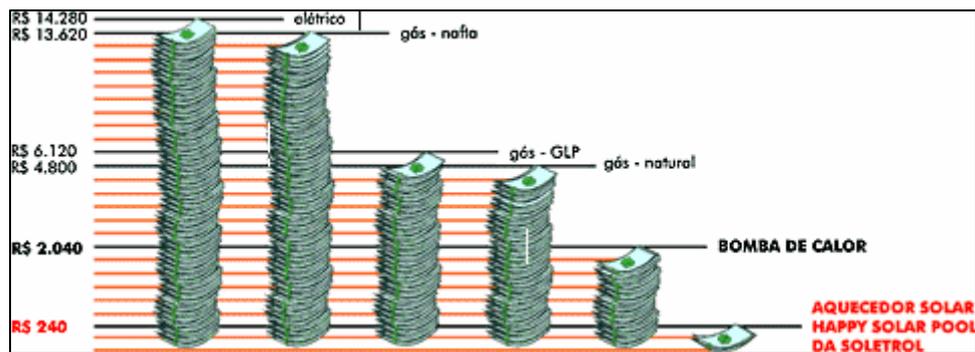


Figura 4 - Despesa anual média para aquecimento de piscinas

Fonte: [www.soletrol.com.br](http://www.soletrol.com.br)

a) Qual a economia anual, em reais, de se utilizar o aquecedor solar em relação ao sistema elétrico? R\$ 14.040,00

b) E em porcentagem?  $\frac{14280 - 240}{14280} = 0,98319\% = 98,32\%$

c) Sabendo que a piscina é retangular e tem capacidade para 80000 litros, quais as dimensões possíveis da piscina, em metros?

80000 litros =  $80\text{m}^3 \rightarrow$  Ex.: Volume =  $8,5\text{m} \cdot 6,28\text{m} \cdot 1,5\text{m} = 80\text{ m}^3$

4) Analise o gráfico a seguir e responda:

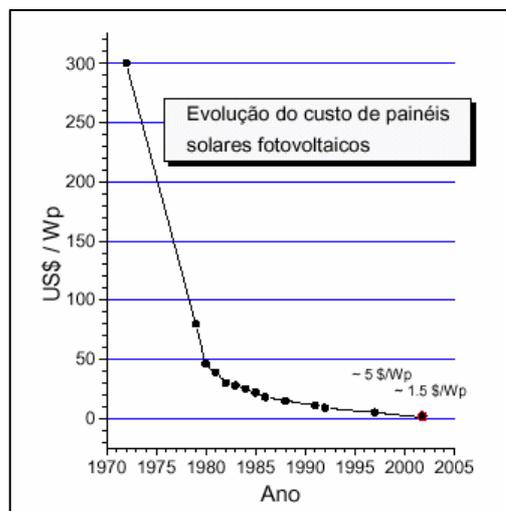


Figura 5 - Evolução do custo de painéis solares fotovoltaicos

Fonte: Maycock , 1997

a) Que tipo de função o gráfico representa?

Assemelha-se a uma função exponencial.

b) Como o gráfico se comporta quanto ao crescimento?

É decrescente em todo domínio.

c) O que se pode concluir sobre o custo dos painéis fotovoltaicos?

Apresenta uma forte queda nos anos 70, continuou caindo, embora não tão acentuadamente, nos anos 80 e 90, chegando a custar em 2002 (projeção) U\$1,5/Wp ou R\$ 4,50/Wp (1U\$  $\cong$  R\$ 3,00).

d) Quanto, em porcentagem, este custo caiu?

$$\frac{300 - 1,5}{300} = 0,995 = 99,5\%$$

5) Analise o gráfico a seguir e responda:

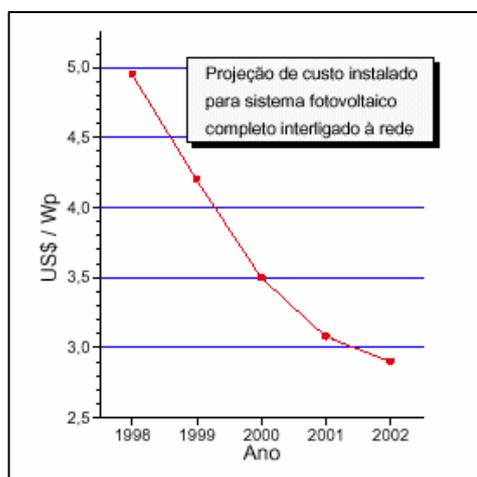


Figura 6 - Projeção de custo instalado para sistema solar fotovoltaico híbrido

Fonte: Maycock , 1997

a) A que período (domínio) o gráfico se refere?

1998 a 2002.

b) Monte uma tabela com os dados do gráfico.

ANO	1998	1999	2000	2001	2002
U\$/Wp	4,95	4,2	3,5	3,1	2,9

c) O que se pode concluir sobre o custo de um sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica convencional?

Como a curva apresenta forte queda no período considerado, conclui-se que o custo está diminuindo rapidamente, chegando a U\$2,9/Wp ou R\$ 8,70/Wp (projeção, considerando  $1\text{U\$} \cong \text{R\$ } 3,00$ ). Se comparado ao mesmo período no exercício anterior, há uma pequena diferença a maior, o que torna o sistema interligado (híbrido) mais confiável pois, na falta de insolação por alguns dias, busca-se energia na rede pública, não havendo possibilidade de ficar sem energia elétrica.

6) Analise o gráfico a seguir e responda:

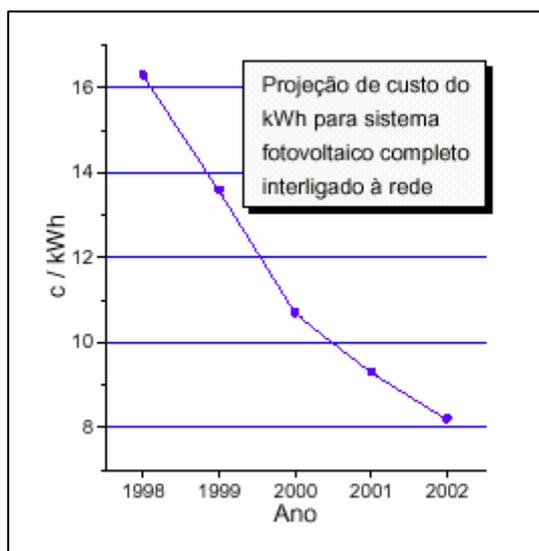


Figura 7 - Projeção do preço final da energia elétrica (centavos de U\$/kWh) em sistemas solares fotovoltaicos híbridos

Fonte: Maycock , 1997

a) Quais os valores máximo e mínimo do kWh, em reais?

Aproximadamente U\$ 0,162/kWh e U\$ 0,082/kWh, equivalente a R\$ 0,486/kWh e R\$ 0,246/kWh (1U\$  $\cong$  R\$ 3,00).

b) Quantos anos são considerados no gráfico?

4 anos completos.

c) Qual a taxa média de decréscimo anual, em reais?

$$\frac{U\$0,162 - U\$0,082}{4\text{anos}} = \frac{U\$0,08}{4\text{anos}} = U\$0,02/\text{ano}, \text{ equivalente a R\$ } 0,06 / \text{ano (1U\$ } \cong \text{ R\$ } 3,00).$$

3,00).

d) Se o valor do kWh continuar caindo à mesma taxa encontrada no exercício anterior, qual será o valor estimado para o final de 2003, em reais?

$$0,082 - 0,02 - 0,02 = U\$ 0,042/\text{kWh}, \text{ equivalente a R\$ } 0,126 / \text{kWh (1U\$ } \cong \text{ R\$ } 3,00).$$

7) Analise o gráfico a seguir e responda:

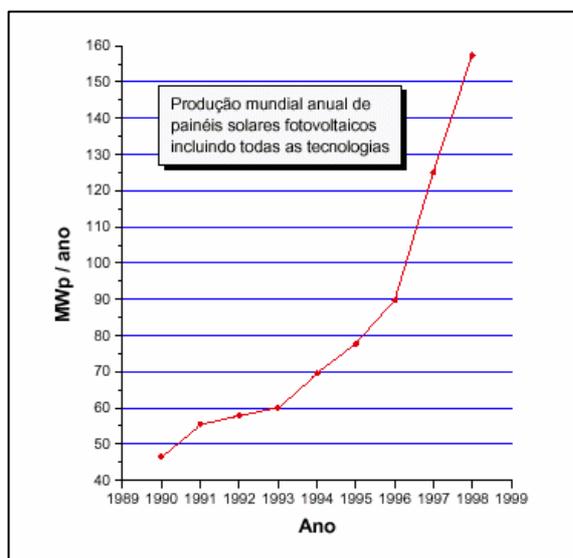


Figura 8 - Crescimento da produção mundial de células solares fotovoltaicas

Fonte: Maycock , 1999

a) Qual a produção mínima e em que ano isto ocorreu?

Aproximadamente 47MWp em 1990.

b) Que porcentagem representa o aumento da produção de painéis, de 1990 a 1998?

$$\frac{157,4 - 47}{47} = \frac{110,4}{47} = 2,3489 = 234,89\%$$

c) A energia gerada pelos painéis em 1998 seriam suficientes para manter acesas, durante 6 horas ininterruptas e por um ano, quantas lâmpadas de 100W?

$$157,4\text{MW} \cdot 1000 \cdot 1000 = 1,574 \cdot 10^8 \text{ kW}$$

$$157400000\text{kW} \div 365 \div 6 \div 0,1\text{kW} = 718721 \text{ lâmpadas}$$

8) Pesquise e traga dados atuais sobre o custo de instalação de coletores solares ou de painéis fotovoltaicos (instalação total, com equipamentos, montagem, frete, etc.) para a sua residência, ou seja, considerando o número de pessoas, a potência de cada aparelho ou eletrodoméstico e o tempo de utilização destes.

9) Em grupo, compare com seus colegas os resultados encontrados e construa o gráfico de custo de instalação de painel fotovoltaico ou coletor solar em função do consumo desejado ou do nº de pessoas em sua residência, para posterior apresentação e discussão dos resultados à turma.

Orientações metodológicas: Salientar aos alunos a importância da representação gráfica e sua interpretação, e que outras funções, além das trabalhadas em aula, podem ser representadas assim, no plano cartesiano; que possuem também pontos de máximos e mínimos, domínios e imagens, semelhantes às funções estudadas tradicionalmente (funções polinomiais, exponenciais, logarítmicas, etc.). Como a demanda de eletricidade (ex. 1 e 2) de uma certa região a cada hora, que pode ser analisada de acordo com sua frequência de ocorrência, ou dividida em carga de base, intermediária e de pico. Como podemos observar nos gráficos, a energia solar fotovoltaica vem obtendo uma significativa redução de custos e tende a ser competitiva economicamente. Interpretar graficamente a demanda de energia e os custos da energia solar, é importante para a compreensão do uso racional da energia e da redução nos custos da energia solar, tanto fotovoltaica quanto térmica, como o aquecimento de piscinas, que possui um consumo de energia baixíssimo. No ex. 3 o consumo de energia equivale a 2 lâmpadas de 100W ligadas por cerca de 6 horas diários, enquanto outros sistemas existentes para aquecimento de piscinas, podem gastar o mesmo que cerca de 70 lâmpadas de 100W cada, impondo gastos mensais muito elevados na conta de energia elétrica. É necessário que os alunos pesquisem, em jornais, a cotação do dólar. Já a pesquisa de custos da energia solar pode ser extraída facilmente em sites específicos sobre o tema na Internet ou em revistas especializadas. É importante que os alunos trabalhem em pequenos grupos, para troca de idéias e resultados.

### ATIVIDADE 05: Análise gráfica do espectro eletromagnético

Objetivo: Analisar e interpretar graficamente o espectro solar, destacando pontos máximos e mínimos, domínios e imagens, importantes para a compreensão dos conceitos de radiação solar e sua relação com os diferentes comprimentos de ondas.

1) O gráfico a seguir mostra o espectro solar, que distribui a irradiância solar em função do comprimento de onda. Mostra também os intervalos em que se situam três importantes tipos de radiação para a vida na Terra: ultravioleta, luz visível e infravermelha.

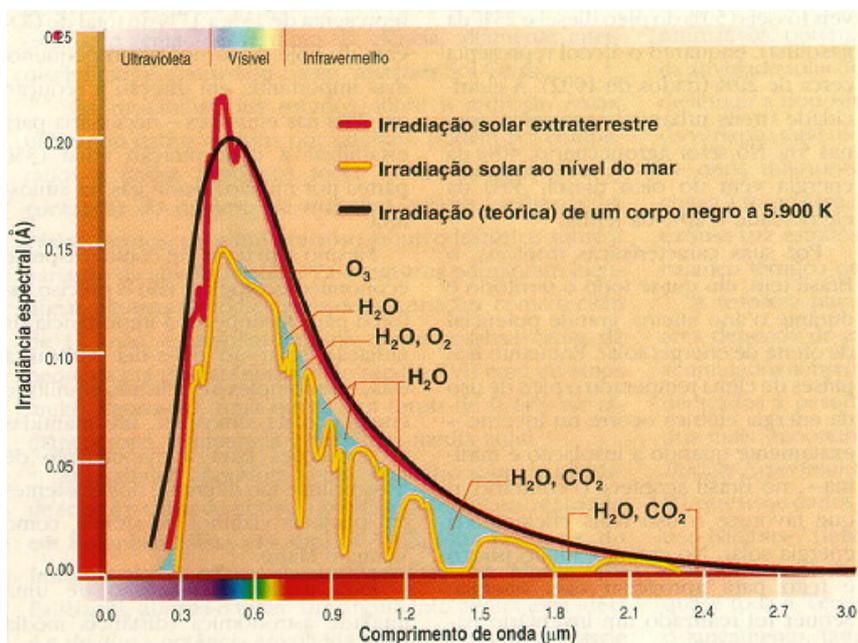


Figura 9 - Espectro solar

Fonte: Ciência Hoje

A partir da análise do gráfico, e considerando a constante solar de  $1367 \text{ W/m}^2$  (energia que chega do espaço e atinge a atmosfera terrestre), complete a tabela:

$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	0-0,38	0,38-0,78	0,78- $\infty$
Fração (%)	7	47,29	45,71
Radiação ( $\text{W/m}^2$ )			

$$\text{Ultravioleta: } 7\% \cdot 1367 = 95,7 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Luz visível: } 47,29\% \cdot 1367 = 646,45 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Infravermelha: } 45,71\% \cdot 1367 = 624,85 \text{ W/m}^2$$

2) Como você interpreta o gráfico e suas diferentes curvas?

A radiação solar chega em todos os comprimentos de onda ou frequências, mas principalmente entre 0,2 e 3 microns (ou 200 e 3000 nanômetros). A figura mostra as curvas do espectro solar em diversas condições. A curva vermelha corresponde à radiação emitida pelo Sol que atravessou o espaço mas não entrou ainda na atmosfera terrestre. A curva preta equivale à radiação emitida por um corpo negro (teórico) do tamanho do Sol, a uma temperatura de 5900K e que produzirá uma radiação igual a uma unidade astronômica (distância Terra-Sol). A curva amarela, com uma série de picos e bandas de absorção, é o espectro do Sol depois de atravessar uma massa de ar 1, ou seja, quando raios solares estão paralelos à vertical, após atravessar a atmosfera terrestre e atingir a superfície.

3) Em que comprimento de onda se tem uma intensidade máxima de radiação?

O máximo de emissão se verifica no comprimento de onda de 0,5 $\mu$ m.

4) Os gráficos a seguir mostram o espectro solar em função do comprimento de onda em nanômetros (nm). Os comprimentos de onda aproximados das três regiões do espectro em que estamos mais interessados quando discutimos a radiação do Sol que nos alcança são: Ultravioleta – 10 a 400 nm, Região do Visível – 400 a 700 nm e Infravermelho – 700nm a 3000nm. Todavia, os comprimentos de onda da região infravermelha, de especial interesse para nós, estão entre 700 e 1500nm.

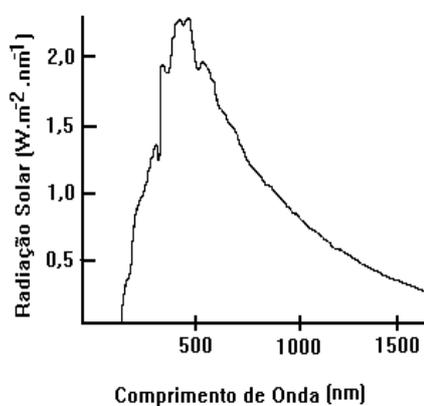


Figura 10 - O espectro solar nos limites da atmosfera

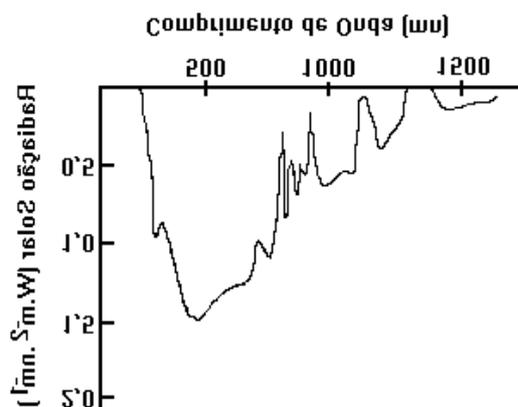


Figura 11 - O espectro solar na superfície terrestre

Que tipo de radiação solar (ultravioleta, visível ou infravermelho) é a mais intensa no extremo superior da atmosfera terrestre?

É a luz visível.

5) Que tipo de radiação solar, ultravioleta, visível ou infravermelha, é mais intensa sobre a superfície terrestre?

Conforme o ex. 1, a luz visível, com 47,29%.

6) Em que diferem os dois espectros no ponto máximo de radiação?

Há uma significativa diminuição da intensidade de radiação que chega na superfície, em relação à extraterrestre.

7) Que fatores influenciam nesta diminuição?

Os parâmetros mais importantes que influenciam na caracterização da intensidade e da composição espectral da radiação solar são: massa de ar, coeficientes de turbidez atmosférica, água precipitável e ozônio. Assim, a radiação sofre uma atenuação.

8) Em que áreas do espectro solar registram-se as maiores mudanças?

Na região do infravermelho.

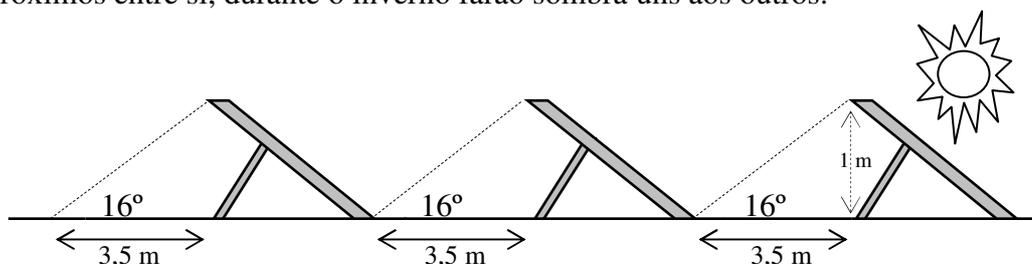
9) Pesquise sobre a relação entre os itens estudados nesta atividade e os temas: destruição da camada de ozônio e efeito estufa.

Orientações metodológicas: Salientar aos alunos a importância da representação gráfica e sua interpretação, e que vários outros fenômenos que ocorrem na Terra podem ser representados assim, como uma função no plano cartesiano, que possuem também pontos de máximos e mínimos, semelhantes às funções estudadas tradicionalmente (funções polinomiais). Salientar que há três importantes tipos de radiação para a vida na Terra: ultravioleta, luz visível e infravermelha. Como podemos observar nos gráficos, a radiação em alguns comprimentos de onda ou regiões do espectro solar é muito mais intensa que em outras regiões do espectro. É importante conhecer como a radiação solar interage com a atmosfera de gases, água e partículas que rodeiam nosso planeta e promovem grandes mudanças.

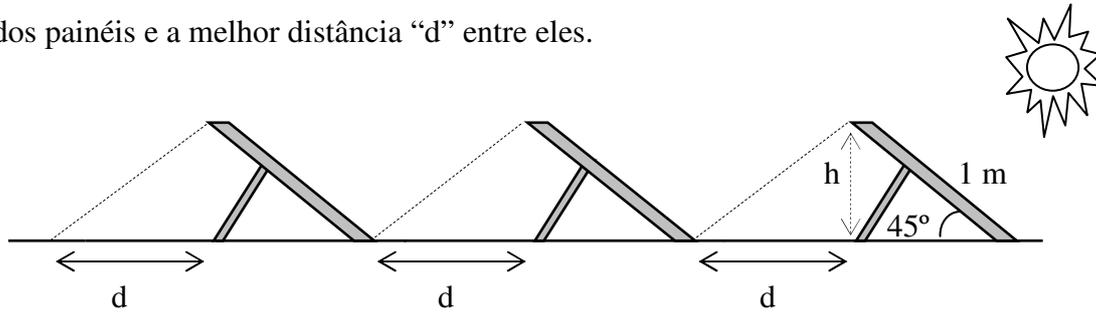
#### ATIVIDADE 06: Cálculo da distância entre painéis solares e de outras medidas

Objetivo: Utilizar os conceitos de trigonometria em triângulos retângulos e triângulos quaisquer para calcular a melhor distância em que devem ser dispostos painéis solares colocados paralelamente, assim como o comprimento, a altura e o ângulo de inclinação destes.

1) Para instalar painéis solares paralelamente (para ocupar menos espaço nos telhados e obter melhor ângulo solar), prevê-se um afastamento entre eles de 3,5 vezes a sua altura (Stoner, 1974), conforme exemplificado na figura abaixo. Na realidade, se estiverem mais próximos entre si, durante o inverno farão sombra uns aos outros.



Na figura abaixo temos painéis solares dispostos paralelamente. Sabendo, então, que devem manter uma distância igual a três vezes e meia a altura do painel, calcule a altura “h” dos painéis e a melhor distância “d” entre eles.



Utilizando:  $\text{sen } x = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$ , temos:

$$\text{sen } 45^\circ = \frac{h}{1}$$

$$h = 0,71 \text{ m}$$

Assim, a distância “d” é:

$$d = 3,5 \cdot h$$

$$d = 3,5 \cdot 0,71$$

$$d = 2,5 \text{ m}$$

2) Se na figura anterior o ângulo indicado fosse de  $60^\circ$ , qual a distância “d” necessária para um painel, no inverno, não fazer sombra no outro?

Utilizando:  $\text{sen } x = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$ , temos:

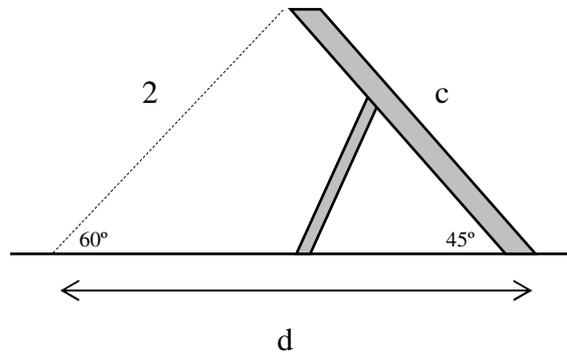
$$\text{sen } 60^\circ = \frac{h}{1}$$

$$h = 0,866 \text{ m}$$

Assim, a distância “d” é:

$$d = 3,5 \cdot h = 3,5 \cdot 0,866 = 3 \text{ m}$$

3) Calcule, na figura abaixo, o comprimento “c” do painel solar e a distância “d” da sua sombra projetada.



Utilizando a lei dos senos:  $\frac{a}{\text{sen } A} = \frac{b}{\text{sen } B} = \frac{c}{\text{sen } C}$ , temos:

$$\frac{2}{\text{sen } 45^\circ} = \frac{c}{\text{sen } 60^\circ}$$

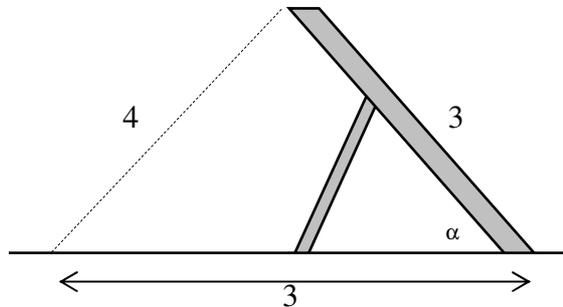
e

$$\frac{d}{\text{sen } 75^\circ} = \frac{2}{\text{sen } 45^\circ}$$

$$c = 2,5 \text{ m}$$

$$d = 2,7 \text{ m}$$

4) Calcule, na figura abaixo, o ângulo de inclinação  $\alpha$  (em graus) do painel solar.



Utilizando a lei dos cossenos:  $a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha$ , temos:

$$4^2 = 3^2 + 3^2 - 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot \cos \alpha$$

$$16 - 9 - 9 = -18 \cdot \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{-2}{-18}$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{9}$$

$$\text{arc cos } \alpha = 84^\circ$$

Assim, o ângulo de inclinação do painel solar é  $84^\circ$ .

Orientações metodológicas: Observa-se que é preciso ter em mãos, para consulta, uma tabela trigonométrica ou uma calculadora científica. Salientar que é preciso um bom raciocínio dedutivo-geométrico para decidir que função ou lei trigonométrica deve ser usada, o que dependerá da medida que se quer obter em cada exercício. Mostra-se, assim, uma das possibilidades de aplicação da trigonometria em triângulos ensinada no Ensino Médio. Neste caso, é preciso calcular sempre a distância entre os painéis, antes da instalação dos mesmos, assim como é possível calcular o comprimento dos painéis, sua altura e os ângulos de inclinação para melhor captar a energia solar, ângulo este que dependerá ainda da latitude do local.

ATIVIDADE 07: Utilização do Software Meteoro (Silva, 1992) para visualizar e equacionar fenômenos

Objetivo: Visualizar, através de imagens e simulações, os fenômenos naturais que ocorrem entre a Terra e o Sol, que geram conceitos, equações e modelos matemáticos que os descrevem, envolvendo funções trigonométricas, ângulos e gráficos.

#### NO MENU PRINCIPAL DIGITE: A – COORDENADAS TERRESTRES

1) Que ponto no espaço é originado pelo prolongamento de uma reta vertical a um observador e o plano do horizonte?

Denomina-se zênite.

2) Que figura geométrica origina-se da intersecção entre o plano do Equador e a superfície do globo terrestre?

Uma semicircunferência, denominada Equador.

3) Que figura geométrica origina-se da intersecção entre o plano de um meridiano e a superfície do globo terrestre?

Uma semicircunferência, denominada meridiano.

4) Como localizar pontos na superfície do globo?

Utilizando paralelos e meridianos, interseccionando as linhas leste-oeste com as linhas norte-sul.

5) Como é chamado o ângulo entre a vertical de um ponto na superfície terrestre e o plano do Equador?

Denomina-se latitude.

6) Como funciona o sistema de numeração que expressa a latitude?

É expresso em graus, onde o Equador é a referência ( $0^\circ$ ), indo até o Pólo Norte ( $+90^\circ$ ) e até o Pólo Sul ( $-90^\circ$ ).

7) Como é chamado o ângulo entre o plano do meridiano de Greenwich e o plano do meridiano que passa em um determinado local?

Denomina-se longitude.

8) Como funciona o sistema de numeração que expressa a longitude?

É expresso em graus, a partir do meridiano de Greenwich ( $0^\circ$ ) até  $180^\circ$ , para leste ou oeste.

9) Anote as coordenadas geográficas das cidades visualizadas durante a execução do programa (serão necessárias posteriormente) e, quando solicitado, entre com novos dados de outras localizações a seu critério.

10) Pesquise sobre o comprimento da Linha do Equador e calcule o raio da Terra, supondo-a uma esfera.

$$C = 2\pi R \rightarrow R = \frac{C}{2\pi} \rightarrow R = \frac{40075\text{km}}{2\pi} \cong 6378\text{km}$$

NO MENU PRINCIPAL DIGITE: B – ESTAÇÕES DO ANO

1) O que é o plano da eclíptica?

Quando o Sol é considerado imóvel no espaço, a órbita da Terra passa a ser uma elipse (1ª Lei de Kepler). Ao plano da elipse chama-se plano da eclíptica.

2) qual a consequência da intersecção de uma linha vertical ao plano da eclíptica com a superfície da Terra?

O eixo Norte-Sul da Terra forma um ângulo de  $23^{\circ}27'$  com a vertical ao plano da eclíptica. Em consequência, o plano do Equador também forma o mesmo ângulo com o plano da eclíptica. A partir disto, define-se os dois círculos polares. O próprio plano da eclíptica define os trópicos.

3) Qual a variação angular em 1 ano?

De  $-23^{\circ}27'$  a  $+23^{\circ}27'$ , do Trópico de Capricórnio ao Trópico de Câncer, respectivamente.

4) A partir da visualização do movimento aparente do Sol, o que se pode concluir sobre a posição do Sol, em relação ao plano do Equador?

A posição do Sol ora está acima, ora está abaixo do Equador.

5) Como é denominado e como se caracteriza o ângulo compreendido entre o plano do Equador e a direção do Sol?

É denominada declinação solar, positiva se o Sol está acima do plano do Equador e negativa se está abaixo dele.

6) Como a iluminação dos dois hemisférios são influenciados pelo ângulo de declinação solar?

Quando a declinação solar é positiva, o hemisfério Norte é mais iluminado (recebe mais energia) que o hemisfério Sul. O oposto ocorre quando a declinação solar é negativa.

7) Quando os hemisférios recebem o máximo e o mínimo anual de energia solar e como foram denominadas estas datas?

Hemisfério Norte: Máximo – 22/6 – declinação de  $+23^{\circ}27'$  – Solstício de Verão

Mínimo – 21/12 – declinação de  $-23^{\circ}27'$  – Solstício de Inverno

Hemisfério Sul: Máximo – 21/12 – declinação de  $-23^{\circ}27'$  – Solstício de Verão

Mínimo – 22/6 – declinação de  $+23^{\circ}27'$  – Solstício de Inverno

8) A partir da visualização do gráfico da declinação solar, responda:

a) Em que datas se iniciam as estações do ano, no hemisfério Sul?

21/3 – Outono; 22/6 – Inverno; 23/9 – Primavera; 21/12 – Verão

b) Qual a declinação solar no início do Outono e da Primavera?

$0^{\circ}$

c) Quantas vezes por ano o zênite do Sol passa pelo plano do Equador?

Duas vezes.

d) Como foram denominadas as datas em que a declinação solar é de  $0^{\circ}$ ?

Equinócio de Outono e Equinócio de Primavera.

e) Com que tipo de função matemática o gráfico se assemelha?

Função seno ou função cosseno.

9) O que é e como se caracteriza o fotoperíodo?

É o intervalo de tempo entre o nascimento e o ocaso do Sol, e varia ao longo das estações do ano, dependendo da latitude do observador. Em qualquer latitude do hemisfério Sul, no início do verão, o fotoperíodo é maior que 12 horas e a noite dura menos que 12 horas. Enquanto isso, no hemisfério Norte ocorre o oposto. Já no início da primavera e do outono o dia e a noite duram 12 horas, nos dois hemisférios, com exceção nos pólos.

10) Quando solicitado, entre com os dados referentes à latitude das cidades visualizadas no exercício 9 da parte A, observe os gráficos gerados pelo computador e analise o fotoperíodo. Entre com novos dados, de outros lugares da Terra. Registre e compare-os.

NO MENU PRINCIPAL DIGITE: C – FUSOS HORÁRIOS

1) O que é o dia solar verdadeiro?

É o intervalo de tempo que decorre entre duas passagens consecutivas do Sol pelo mesmo plano de meridiano.

2) O que é o Sol médio e o ano solar médio?

É um Sol fictício, que executa uma volta ao redor da Terra exatamente a cada 24 horas, resultando em um ano solar médio de 365,2422 dias, todos de igual duração.

3) Como foram formados os fusos horários?

A superfície terrestre foi dividida em 24 segmentos, separados por planos de meridiano equidistantes de  $15^\circ$  de longitude. O Sol médio gasta 1 hora para percorrer o arco de  $15^\circ$  correspondente a cada um deles.

4) O que é a equação do tempo?

É a diferença entre a hora solar verdadeira e a hora solar média (hora local).

5) A partir da visualização do gráfico da equação do tempo, responda:

a) Qual a variação (imagem) do tempo, em minutos, durante um ano?

Aproximadamente de  $-16$  minutos a  $+16$  minutos.

b) Quantas vezes por ano não há variação?

4 vezes.

c) Quantos pontos críticos (máximos e mínimos) existem no gráfico?

4 pontos.

d) Em que meses se encontram o maior e o menor valor?

O menor entre fevereiro e março e o maior entre novembro e dezembro.

#### NO MENU PRINCIPAL DIGITE: D – POSIÇÃO DO SOL

1) Defina ângulo zenital.

É o ângulo compreendido entre a direção do zênite do observador e a direção do Sol.

2) Defina azimute.

É o ângulo compreendido entre a direção norte e a da projeção do Sol sobre o plano do horizonte.

3) Defina ângulo horário.

É o ângulo compreendido entre o meridiano do observador e o centro do disco solar, em um dado instante. Ou seja, é o ângulo que a Terra deve girar para que ocorra o meio-dia solar no meridiano do observador.

4) Que funções matemáticas fornecem os ângulos zenital (Z) e azimutal (A) do Sol em qualquer momento do dia de qualquer dia do ano, conhecidas a latitude local ( $\phi$ ), a declinação solar ( $\delta$ ) e o ângulo horário (h)?

$$\cos Z = \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos h, \text{ e}$$

$$\cos A = \frac{\sin \delta - \cos Z \cdot \sin \phi}{\sin Z \cdot \cos \phi}$$

5) Quando solicitado, entre com os dados referentes à latitude das cidades visualizadas no exercício 9 da parte A, e a data. Entre também com novos dados, de outros lugares da Terra, em diversas datas. Observe os resultados gerados pelo computador. Registre e compare estes resultados com os colegas de grupo. Discuta sobre os seguintes assuntos: declinação solar, distância Terra-Sol, nascimento e ocaso do Sol, fotoperíodo e radiação extraterrestre (no topo da atmosfera).

## NO MENU PRINCIPAL DIGITE: F – RADIAÇÃO SOLAR

1) Caracterize os 3 processos de transferência de energia.

Na condução, a energia se propaga de uma molécula a outra. Na convecção, uma molécula aquecida se desloca até o fim da cadeia de moléculas, havendo então transporte de material aquecido. Já na radiação, a energia se propaga através de ondas eletromagnéticas, na ausência de qualquer meio material (mesmo no vácuo).

2) Na escala logarítmica:

a) Qual o intervalo de domínio da radiação solar?

Comprimento de onda de 0,2 a 4 micra.

b) Dentro deste domínio, qual intervalo corresponde à radiação visível?

Entre 0,36 e 0,74 micra.

c) E qual intervalo corresponde à radiação ultravioleta?

Menor que 0,36 micra.

d) E qual intervalo corresponde à radiação infravermelha?

Maior que 0,74 micra.

3) Em que parte da superfície terrestre chega a energia solar máxima?

Próximo à linha do Equador.

4) Em que região do gráfico da distribuição da energia solar ocorre a maior intensidade de energia?

Na faixa do visível.

5) O que ocorre com a radiação solar, ao penetrar na atmosfera terrestre?

Sofre uma atenuação, pois parte dela é absorvida por constituintes do ar (ozônio, gás carbônico, vapor d'água, entre outros).

6) Em que regiões do espectro (gráfico) se divide a energia solar que chega à superfície terrestre, e em que proporções?

4% - ultravioleta

44% - luz visível

52% - infravermelho (calor)

7) Por que se deve evitar exposições ao Sol entre 10h e 14h, principalmente na praia?

Porque a radiação ultravioleta em excesso causa câncer de pele, e a máxima radiação ultravioleta que chega na superfície se dá quando o Sol está no zênite (meio-dia solar). Na praia, mesmo na sombra, recebemos esta energia, pois a areia é um grande refletor de energia.

8) Defina radiação direta, difusa e global.

Radiação direta é a que vem diretamente do disco solar (raios perpendiculares ao plano da superfície). Radiação difusa é proveniente do espalhamento da radiação solar, resultante da reflexão causada pelas nuvens e partículas encontradas na atmosfera. E a radiação global é a soma da radiação direta com a radiação difusa.

9) Observando o gráfico dos valores médios anuais de energia solar, responda: em que intervalo do domínio se encontram os maiores valores de radiação global, direta e difusa?

Aproximadamente de  $-30^\circ$  a  $+30^\circ$ , ou seja, próximo à linha do Equador.

10) O que é irradiação e em que proporção ela acontece?

É a reemissão de calor, pela superfície terrestre, da energia recebida pelo Sol, de volta para o espaço. Corresponde a 33% da energia recebida pelo Sol.

Orientações metodológicas: Para execução desta atividade, que é um banco de questões que podem orientar melhor aluno e professor na dinâmica da aula no laboratório, é necessário que, antecipadamente, se faça a instalação do Software Meteoro, que é um software livre, em um número suficiente de computadores. A instalação deve ser feita a partir de uma simples cópia dos arquivos em um único diretório. É importante que os alunos trabalhem em duplas, para que possam trocar idéias e interpretar juntos os gráficos e realizar as outras atividades de interação com o software. Salientar aos alunos que se a pretensão é obter um bom aproveitamento da Energia Solar, deve-se ter bem claro o posicionamento do sol nas distintas épocas do ano e nas diferentes horas de cada dia. Assim, é importante compreender a linguagem e as leis que regem o comportamento da Energia Solar.

#### ATIVIDADE 08: Radiação solar extraterrestre e sua variação diária

Objetivo: Calcular a quantidade de energia que chega na Terra em determinados períodos, permitindo ao aluno entender que esta energia varia, utilizando para isso funções trigonométricas, modelos matemáticos e gráficos.

#### TEXTO DE APOIO:

#### VARIAÇÃO DIÁRIA DA RADIAÇÃO SOLAR EXTRATERRESTRE

O fator solar, mais conhecido como constante solar, é a taxa (fluxo) de energia solar extraterrestre (ausência de atmosfera) que chega na Terra, numa área unitária. Um valor bastante aceito, segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), que usaremos neste trabalho, é de  $1367 \text{ W/m}^2$ , com variação de  $\pm 3\%$ , devido à órbita elíptica da trajetória da Terra e das atividades das manchas solares.

Devido à esta órbita elíptica da Terra, a distância entre a Terra e o Sol varia, aproximadamente, de 1% a 2%, originando, diferentes intensidades diárias de energia que chega no nosso planeta. Pode-se calcular o coeficiente de variação da radiação solar extraterrestre, mais conhecido por fator de correção da excentricidade da órbita terrestre, usando, segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), o modelo:

$$D_O(n) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot n}{365}\right) \right]$$

Onde:

$D_O(n)$  = fator de correção diária da órbita terrestre

$n$  = dia do ano (1 a 365)

### RADIAÇÃO SOLAR EXTRATERRESTRE

Para calcular a radiação solar extraterrestre instantânea, medida no plano normal aos raios solares, em um determinado dia do ano, usaremos, segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), o modelo:

$$G_{ON}(n) = G_{SC} \cdot D_O(n)$$

Onde:

$G_{ON}(n)$  = radiação solar extraterrestre instantânea (em  $W/m^2$  ou  $cal/cm^2 \cdot min$  ou  $kcal/m^2 \cdot h$ )

$G_{SC}$  = constante solar (em  $W/m^2$  ou  $cal/cm^2 \cdot min$  ou  $kcal/m^2 \cdot h$ )

$D_O(n)$  = fator de correção diária da radiação solar extraterrestre

Utiliza-se uma tabela auxiliar para a determinação do dia do ano:

Tabela 5 - Dia do ano

Janeiro	$i$
Fevereiro	$31 + i$
Março	$59 + i$
Abril	$90 + i$
Maiο	$120 + i$
Junho	$151 + i$
Julho	$181 + i$
Agosto	$212 + i$
Setembro	$243 + i$
Outubro	$273 + i$

Novembro	$304 + i$
Dezembro	$334 + i$

1) Calcule o fator de correção da excentricidade da órbita terrestre para o dia 15 de cada mês do ano.

Janeiro	$i$	15
Fevereiro	$31 + i$	$31 + 15 = 46$
Março	$59 + i$	$59 + 15 = 74$
Abril	$90 + i$	$90 + 15 = 105$
Maio	$120 + i$	$120 + 15 = 135$
Junho	$151 + i$	$151 + 15 = 166$
Julho	$181 + i$	$181 + 15 = 196$
Agosto	$212 + i$	$212 + 15 = 227$
Setembro	$243 + i$	$243 + 15 = 258$
Outubro	$273 + i$	$273 + 15 = 288$
Novembro	$304 + i$	$304 + 15 = 319$
Dezembro	$334 + i$	$334 + 15 = 349$

$$D_O(15) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 15}{365}\right) \right] = 1,0319$$

$$D_O(46) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 46}{365}\right) \right] = 1,0232$$

$$D_O(74) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 74}{365}\right) \right] = 1,0097$$

$$D_O(105) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 105}{365}\right) \right] = 0,9923$$

$$D_O(135) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 135}{365}\right) \right] = 0,9775$$

$$D_O(166) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 166}{365}\right) \right] = 0,9683$$

$$D_O(196) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 196}{365}\right) \right] = 0,9679$$

$$D_O(227) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 227}{365}\right) \right] = 0,9762$$

$$D_O(258) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 258}{365}\right) \right] = 0,9911$$

$$D_O(288) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 288}{365}\right) \right] = 1,0079$$

$$D_O(319) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 319}{365}\right) \right] = 1,0231$$

$$D_O(349) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 349}{365}\right) \right] = 1,0317$$

2) Calcule a radiação solar extraterrestre (em  $W/m^2$ ) para o dia 15 de cada mês do ano.

$$G_{ON}(n) = G_{SC} \cdot D_O(n)$$

$$G_{ON}(15) = 1367 \cdot 1,0319 = 1411$$

$$G_{ON}(46) = 1367 \cdot 1,0232 = 1399$$

$$G_{ON}(74) = 1367 \cdot 1,0097 = 1380$$

$$G_{ON}(105) = 1367 \cdot 0,9923 = 1356$$

$$G_{ON}(135) = 1367 \cdot 0,9775 = 1336$$

$$G_{ON}(166) = 1367 \cdot 0,9683 = 1324$$

$$G_{ON}(196) = 1367 \cdot 0,9679 = 1323$$

$$G_{ON}(227) = 1367 \cdot 0,9762 = 1334$$

$$G_{ON}(258) = 1367 \cdot 0,9911 = 1355$$

$$G_{ON} (288) = 1367 \cdot 1,0079 = 1378$$

$$G_{ON} (319) = 1367 \cdot 1,0231 = 1399$$

$$G_{ON} (349) = 1367 \cdot 1,0317 = 1410$$

3) Observando os valores obtidos nos exercícios 1 e 2, o que se pode concluir?

Observa-se que os valores encontrados, de janeiro a junho, e de julho a dezembro, decrescem e depois crescem, respectivamente, na mesma proporção (simetria).

4) Construa o gráfico referente aos valores encontrados no exercício 2.

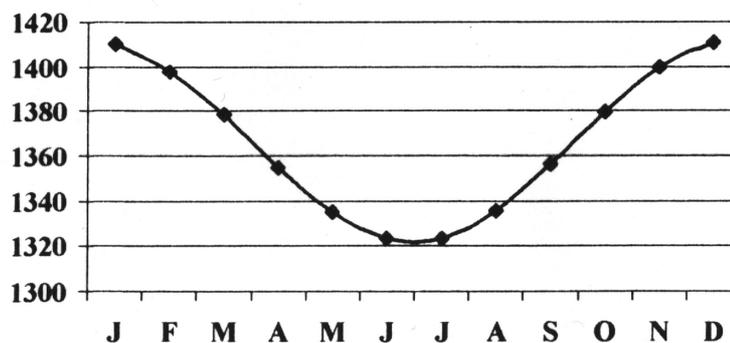


Figura 12 - Gráfico da radiação solar extraterrestre

5) Qual o valor mínimo da função? E máximo?

$$\text{Mínimo} = 1323 \text{ W/m}^2 \quad \text{e} \quad \text{Máximo} = 1411 \text{ W/m}^2$$

6) Qual a imagem da função?

$$Im = [1323; 1411]$$

7) Pesquisa: Quais as conseqüências desta variação de energia recebida pela Terra?

Orientações metodológicas: Esta atividade deve ser executada com o auxílio de uma calculadora científica. Havendo disponibilidade, seria interessante o uso de uma planilha

eletrônica, como o software Excel for Windows. Salientar aos alunos que, pelos resultados encontrados, há uma variação diária na quantidade de energia que chega na Terra, e esta variação é responsável por vários fenômenos que nela ocorrem (é um dos fatores que ocasionam, por exemplo, as estações do ano e o número diário de horas de Sol – fotoperíodo). Salientar também que a curva cossenoidal vista no gráfico não é coincidência, e sim deve-se à função utilizada para o cálculo da radiação, que possui uma função cosseno (no cálculo de  $D_0$ ).

#### ATIVIDADE 09: Cálculo da equação do tempo, da hora solar e do ângulo solar

Objetivo: Calcular a equação do tempo, a hora solar e o ângulo solar, permitindo ao aluno entender porquê há diferença entre a hora solar e a hora local, utilizando para isso funções trigonométricas, modelos matemáticos e gráficos.

#### TEXTO DE APOIO:

#### EQUAÇÃO DO TEMPO

É uma correção necessária para se calcular o tempo solar verdadeiro, pois considera a perturbação na taxa de rotação da Terra, que influencia no tempo que o Sol atravessa o meridiano local. Usaremos, segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), o modelo:

$$E_t = 9,87 \cdot \text{sen } 2B - 7,53 \cdot \text{cos } B - 1,5 \cdot \text{sen } B$$

Onde:

$E_t$  = fator de correção do tempo (em min)

$$B = \frac{360 \cdot (n - 81)}{364} \quad (\text{em graus})$$

$n$  = dia do ano (1 a 365)

#### TEMPO SOLAR VERDADEIRO

Para se calcular o tempo solar verdadeiro, ou hora solar, é preciso aplicar dois fatores de correção: a diferença entre os meridianos local e padrão, considerando que o Sol leva 4

min para se deslocar em 1° de longitude, e a equação do tempo. Utilizaremos, segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), o modelo:

$$TSV = T_{LOC} \pm 4 \cdot (L_{ST} - L_{LOC}) + E_t$$

Onde:

TSV = tempo solar verdadeiro (em horas)

$T_{LOC}$  = tempo ou hora local (em horas)

$L_{ST}$  = longitude padrão (em graus)

$L_{LOC}$  = longitude local (em graus)

$E_t$  = equação do tempo (em horas)

Deve ser notado que a correção de longitude é positiva se a longitude local está à leste da longitude padrão e negativa se está à oeste.

### ÂNGULO HORÁRIO

Ângulo horário, ou ângulo solar, é o ângulo entre o meridiano do observador e o meridiano do Sol, isto é, o desvio angular do sol para leste ou oeste do meridiano local, devido à rotação da Terra ao redor de seu eixo a 15°/hora, convencionalmente como negativo pela manhã e positivo à tarde. Utilizaremos, segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), o modelo:

$$\omega = (TSV - 12) \cdot \frac{15^\circ}{h}$$

Onde:

$\omega$  = ângulo horário (em graus)

TSV = tempo solar verdadeiro (em horas)

1) Calcule a hora solar e o ângulo solar correspondente ao tempo local de 10h30min, no dia 10 de julho, em Porto Alegre.

Hora local = 10,5h

Meridiano padrão = 60°O

Meridiano local = 51,2°O

Tabela do dia do ano → Julho →  $n = 181 + i = 181 + 10 = 191$

$$B = \frac{360 \cdot (n - 81)}{364} = \frac{360 \cdot (191 - 81)}{364} = 108,79^\circ$$

$$E_t = 9,87 \cdot \text{sen } 2B - 7,53 \cdot \text{cos } B - 1,5 \cdot \text{sen } B$$

$$E_t = 9,87 \cdot \text{sen } 2 \cdot 108,79^\circ - 7,53 \cdot \text{cos } 108,79^\circ - 1,5 \cdot \text{sen } 108,79^\circ$$

$$E_t = -5,01 \text{ min}$$

$$\text{TSV} = T_{\text{LOC}} \pm 4 \cdot (L_{\text{ST}} - L_{\text{LOC}}) + E_t = 10,5 + 4 \cdot \frac{1}{60} \cdot (60 - 51,2) - 5,01 \cdot \frac{1}{60}$$

$$\text{TSV} = 11 \text{ h}$$

$$\omega = (\text{TSV} - 12) \cdot \frac{15^\circ}{\text{h}} = (11 - 12) \cdot 15^\circ = -15^\circ$$

2) Calcule a hora solar e o ângulo solar correspondente ao tempo local de 12h, no dia 10 de dezembro, em Porto Alegre.

Hora local = 12h

Meridiano padrão = 60°O

Meridiano local = 51,2°O

Tabela do dia do ano → Dezembro →  $n = 334 + i = 334 + 10 = 344$

$$B = \frac{360 \cdot (n - 81)}{364} = \frac{360 \cdot (344 - 81)}{364} = 260,11^\circ$$

$$E_t = 9,87 \cdot \text{sen } 2B - 7,53 \cdot \text{cos } B - 1,5 \cdot \text{sen } B$$

$$E_t = 9,87 \cdot \text{sen } 2 \cdot 260,11^\circ - 7,53 \cdot \text{cos } 260,11^\circ - 1,5 \cdot \text{sen } 260,11^\circ$$

$$E_t = 6,11 \text{ min}$$

$$\text{TSV} = T_{\text{LOC}} \pm 4 \cdot (L_{\text{ST}} - L_{\text{LOC}}) + E_t = 12 + 4 \cdot \frac{1}{60} \cdot (60 - 51,2) + 6,11 \cdot \frac{1}{60}$$

$$\text{TSV} = 12,69 \text{ h}$$

$$\omega = (\text{TSV} - 12) \cdot \frac{15^\circ}{\text{h}} = (12,69 - 12) \cdot 15^\circ = 10,35^\circ$$

3) No exercício anterior, qual a hora correspondente ao tempo solar verdadeiro?

$$1\text{h} \implies 60\text{min} \Rightarrow x = 0,69 \cdot 60$$

$$0,69\text{h} \implies x \quad x = 41,4\text{min}$$

$$1\text{min} \implies 60\text{s} \Rightarrow x = 0,4 \cdot 60$$

$$0,4\text{min} \implies x \quad x = 24\text{s} \quad \therefore \text{TSV} = 12\text{h}41\text{min}24\text{s}$$

4) Nos exercícios 1 e 2, o que se pode concluir sobre a diferença entre o tempo local e o tempo solar verdadeiro?

No ex. 1 há uma diferença de 30min (de 10h30min para 11h) e no ex. 2 de 41min (de 12h para 12,69h), que são diferenças significativas.

5) Calcule a equação do tempo para os dias do ano 46, 106, 211, 241, 301 e 360, e construa o gráfico correspondente. Se necessário, faça o cálculo para outros dias.

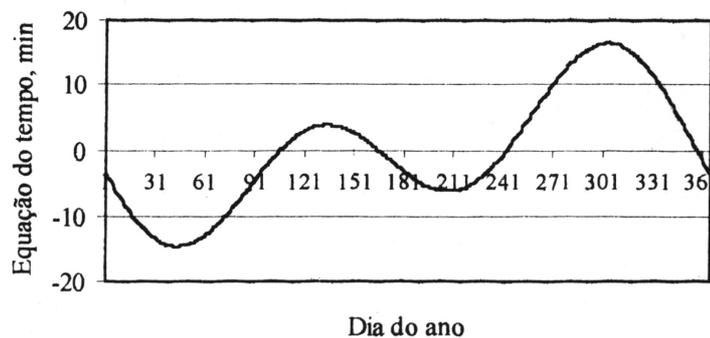


Figura 13 - Gráfico da equação do tempo

6) Observando o gráfico obtido no exercício 5, o que se pode concluir?

Que há uma variação na taxa de rotação da Terra, não é constante, o que influencia no tempo que o Sol atravessa o meridiano local e, portanto, origina diferenças entre a hora local e a hora solar.

Orientações metodológicas: Sugere-se que a execução desta atividade seja feita somente após a ATIVIDADE 07, para melhor compreensão dos conceitos e dos modelos matemáticos utilizados para os cálculos da equação do tempo e do tempo solar verdadeiro. Esta atividade deve ser executada com o auxílio de uma calculadora científica. Havendo disponibilidade, seria interessante o uso de uma planilha eletrônica, como o software Excel for Windows. É necessário solicitar, antecipadamente, que os alunos pesquisem o meridiano padrão e o meridiano local de Porto Alegre, o que pode ser feito em um Atlas Geográfico ou com profissionais de Geografia. Salientar aos alunos que, pelos resultados encontrados, há uma diferença entre a hora local, ou seja, do relógio, e a verdadeira hora (solar). Por exemplo, aqui em POA, toma-se como padrão o horário de Brasília. Então, o meio dia aqui é também meio dia lá. Porém, o Sol leva alguns minutos para se deslocar entre as longitudes Brasília-POA. Isto explica o fato de que, às vezes, um observador vê, ao meio dia do relógio, a sombra de seu próprio corpo ou outro objeto qualquer (muro, prédio, ...), quando na verdade não deveria haver sombra, pois o ângulo entre o Sol e a superfície horizontal (ângulo zenital) deveria ser de  $90^\circ$ . Salientar também que a curva vista no gráfico não é coincidência, e sim deve-se à função utilizada para o cálculo da equação do tempo, que possui as funções trigonométricas seno e cosseno.

#### ATIVIDADE 10: Cálculos de medidas solarimétricas e de radiação

Objetivo: Introduzir científica e quantitativamente os conceitos de medidas solarimétricas e de radiação solar, que permitam ao aluno entender como ocorrem certos fenômenos na Terra, utilizando, para isso, modelos matemáticos, ângulos, funções trigonométricas e gráficos.

TEXTO DE APOIO:

DECLINAÇÃO SOLAR

É a posição angular ao meio dia solar em relação ao plano do equador. Pode-se definir também como sendo o ângulo formado entre o plano equatorial e a linha que une os centros da Terra e do Sol. Varia entre  $-23,45^\circ$  (sul) e  $+23,45^\circ$  (norte). Para calcular a declinação solar, usaremos a equação de Cooper (1969):

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \text{sen} \left( 360 \cdot \frac{284 + n}{365} \right)$$

Onde:

$\delta$  = declinação solar (em graus)

n = dia do ano (1 a 365)

#### LATITUDE GEOGRÁFICA

Latitude ( $\phi$ ) é, segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), a localização angular, em graus, ao norte ( $>0$ ) ou ao sul ( $<0$ ) do equador ( $-90^\circ < \phi < 90^\circ$ ).

#### ÂNGULO DE INCLINAÇÃO

Inclinação ( $\beta$ ) é, segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), o ângulo, em graus, entre o plano da superfície coletora e a horizontal ( $0^\circ < \beta < 180^\circ$ ).

#### AZIMUTE DE SUPERFÍCIE

Azimute de superfície ( $\gamma$ ) é, segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), o desvio, em graus, num plano horizontal da projeção da normal à superfície em relação à linha do meridiano local (Sul =  $0^\circ$ , Leste  $< 0$ , Oeste  $> 0$  e  $-180^\circ < \gamma < 180^\circ$ ).

#### AZIMUTE SOLAR

Azimute solar ( $\gamma_s$ ) é o deslocamento angular, em graus, a partir do sul da projeção da radiação direta no plano horizontal. Pode ser definido também, segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), como o ângulo entre o plano do meridiano do observador e o plano do círculo máximo que passa através do zênite local e o Sol. Desvios à sudeste são negativos e à sudoeste positivos.

## ÂNGULO ZENITAL

Zênite ( $\theta_Z$ ) é o ângulo, em graus, entre uma linha normal à superfície horizontal e a direção da radiação direta ( $0^\circ < \theta_Z < 90^\circ$ ,  $0^\circ$  ao meio dia solar e  $90^\circ$  no horizonte). Segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), para uma superfície horizontal, pode ser calculado pela fórmula:

$$\cos \theta_Z = \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \phi = \sin \alpha_S$$

Onde:

$\theta_Z$  = ângulo zenital

$\delta$  = declinação solar

$\phi$  = latitude geográfica

$\omega$  = ângulo horário

$\alpha_S$  = altitude solar

Todos os ângulos em graus.

## ALTITUDE SOLAR

Altitude solar ou elevação solar ( $\alpha_S$ ) é a altura angular do Sol, em graus, acima do horizonte celeste do observador. É o complemento do zênite ( $0^\circ < \alpha_S < 90^\circ$ ).

## IRRADIAÇÃO SOLAR EXTRATERRESTRE HORÁRIA INCIDENTE SOBRE UMA SUPERFÍCIE HORIZONTAL

Para calcular a irradiação solar extraterrestre horária, incidente sobre uma superfície horizontal, em um determinado dia do ano, usaremos, segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), o modelo:

$$I_O(n) = I_{ON}(n) \cdot \cos \theta_Z$$

Onde:

$I_O(n)$  = irradiação solar extraterrestre horária incidente sobre uma superfície horizontal (em  $W/m^2$  ou  $cal/cm^2 \cdot min$  ou  $kcal/m^2 \cdot h$ )

$I_{ON}(n)$  = irradiação solar extraterrestre (em  $W/m^2$  ou  $cal/cm^2 \cdot min$  ou  $kcal/m^2 \cdot h$ )

$\theta_Z$  = ângulo zenital (em graus)

### ÂNGULO DE INCIDÊNCIA

Ângulo de incidência ( $\theta_S$ ) é o ângulo, em graus, entre a radiação direta numa superfície e a normal a uma superfície inclinada. Segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), pode ser calculado pelo modelo:

$$\cos \theta_S = \cos \theta_Z \cdot \cos \beta + \sin \theta_Z \cdot \sin \beta \cdot \cos (\gamma_S - \gamma) \text{ ou}$$

$$\begin{aligned} \cos \theta_S = & + \sin \delta \cdot \sin \phi \cdot \cos \beta \\ & - \sin \delta \cdot \cos \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \beta \cdot \cos \omega \\ & + \cos \delta \cdot \sin \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega \\ & + \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma \cdot \sin \omega \end{aligned}$$

Onde:

$\theta_S$  = ângulo de incidência

$\theta_Z$  = ângulo zenital

$\beta$  = ângulo de inclinação

$\gamma_S$  = azimute solar

$\gamma$  = azimute de superfície

$\delta$  = declinação solar

$\phi$  = latitude geográfica

$\omega$  = ângulo horário

Todos os ângulos em graus.

## IRRADIAÇÃO SOLAR EXTRATERRESTRE HORÁRIA INCIDENTE SOBRE UMA SUPERFÍCIE INCLINADA E VOLTADA AO EQUADOR OU ARBITRARIAMENTE ORIENTADA

Para calcular a irradiação solar extraterrestre horária, incidente sobre uma superfície inclinada e voltada ao equador ou arbitrariamente orientada, em um determinado dia do ano, usaremos, segundo Duffie & Beckman (1974, 1980 e 1991), o modelo:

$$I_{O\beta}(n) = I_{ON}(n) \cdot \cos \theta_s$$

Onde:

$I_{O\beta}$  = irradiação solar extraterrestre horária incidente sobre uma superfície inclinada e arbitrariamente orientada (em  $W/m^2$  ou  $cal/cm^2 \cdot min$  ou  $kcal/m^2 \cdot h$ )

$I_{ON}(n)$  = irradiação solar extraterrestre (em  $W/m^2$  ou  $cal/cm^2 \cdot min$  ou  $kcal/m^2 \cdot h$ )

$\theta_s$  = ângulo de incidência (em graus)

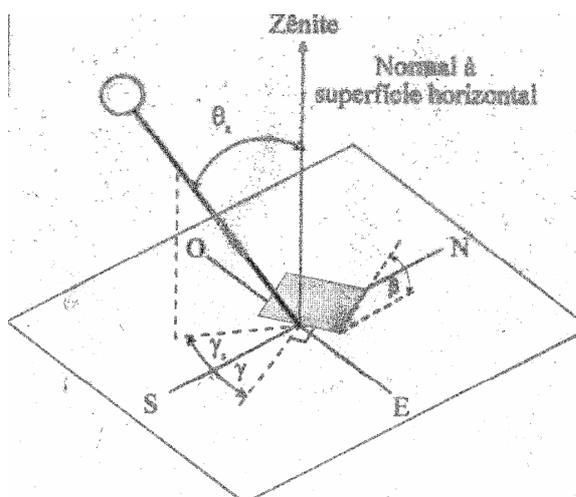


Figura 14 - Ângulos originados pelo movimento aparente do Sol

1) Durante uma sessão de determinação experimental de radiação solar no dia 12 de maio às 11 horas da manhã segundo o relógio, em Porto Alegre, com um pireliômetro foi medido um valor de  $720 W/m^2$  e com um piranômetro na sombra de um disco foi medido um valor de  $120 W/m^2$ . Determine qual era a irradiância solar global na superfície horizontal.

$$\phi = -30^\circ$$

$$\text{Tabela do dia do ano} \rightarrow \text{Maio} \rightarrow n = 120 + i = 120 + 12 = 132$$

$$D_O(n) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot n}{365}\right) \right] = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 132}{365}\right) \right] = 0,9787$$

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right) = 23,45^\circ \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + 132}{365}\right) = 18,04^\circ$$

$$B = \frac{360 \cdot (n - 81)}{364} = \frac{360 \cdot (132 - 81)}{364} = 50,43^\circ$$

$$E_t = 9,87 \cdot \sin 2B - 7,53 \cdot \cos B - 1,5 \cdot \sin B$$

$$E_t = 9,87 \cdot \sin 2 \cdot 50,43^\circ - 7,53 \cdot \cos 50,43^\circ - 1,5 \cdot \sin 50,43^\circ$$

$$E_t = 9,87 \cdot \sin 100,86^\circ - 7,53 \cdot \cos 50,43^\circ - 1,5 \cdot \sin 50,43^\circ$$

$$E_t = 3,74 \text{ min}$$

$$TSV = T_{LOC} \pm 4 \cdot (L_{ST} - L_{LOC}) + E_t = 11 + 4 \cdot \frac{1}{60} \cdot (45 - 52) + 3,74 \cdot \frac{1}{60} = 10,6 \text{ h}$$

$$\omega = (TSV - 12) \cdot \frac{15^\circ}{\text{h}} = (10,6 - 12) \cdot 15^\circ = -21^\circ$$

$$\cos \theta_Z = \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \phi$$

$$\cos \theta_Z = \cos 18,04^\circ \cdot \cos (-30^\circ) \cdot \cos (-21^\circ) + \sin 18,04^\circ \cdot \sin (-30^\circ) = 0,613918$$

$$\cos \theta_Z = 0,613918$$

$$I_O(n) = I_{ON}(n) \cdot \cos \theta_Z = 720 \cdot 0,613918 = 442 \text{ W/m}^2$$

$$I_G = I_B + I_D = 442 + 120 = 562 \text{ W/m}^2$$

2) Calcule a radiação solar extraterrestre recebida em uma hora, no dia 13 de março, entre as 10h e 11h, em Porto Alegre, sobre uma superfície com inclinação de  $25^\circ$  em relação à horizontal e orientada a NE.

$$\phi = -30^\circ$$

$$\beta = 25^\circ$$

$$\gamma = -45^\circ$$

$$\text{Tabela do dia do ano} \rightarrow \text{Março} \rightarrow n = 59 + i = 59 + 13 = 72$$

$$D_O(n) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot n}{365}\right) \right] = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 72}{365}\right) \right] = 1,0107$$

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right) = 23,45^\circ \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + 72}{365}\right) = -3,61854^\circ$$

$$B = \frac{360 \cdot (n - 81)}{364} = \frac{360 \cdot (72 - 81)}{364} = -8,90109^\circ$$

$$E_t = 9,87 \cdot \sin 2B - 7,53 \cdot \cos B - 1,5 \cdot \sin B$$

$$E_t = 9,87 \cdot \sin 2 \cdot (-8,90109^\circ) - 7,53 \cdot \cos(-8,90109^\circ) - 1,5 \cdot \sin(-8,90109^\circ)$$

$$E_t = -3,017570216 - 7,439315625 + 0,232093772$$

$$E_t = -10,22 \text{ min}$$

$$TSV = T_{LOC} \pm 4 \cdot (L_{ST} - L_{LOC}) + E_t = 10,5 + 4 \cdot \frac{1}{60} \cdot (45 - 52) + (-10,22) \cdot \frac{1}{60}$$

$$TSV = 9,8629 \text{ h}$$

$$\omega = (TSV - 12) \cdot \frac{15^\circ}{\text{h}} = (9,8629 - 12) \cdot 15^\circ = -32^\circ$$

$$\begin{aligned} \cos \theta_S = & + \sin \delta \cdot \sin \phi \cdot \cos \beta \\ & - \sin \delta \cdot \cos \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \beta \cdot \cos \omega \\ & + \cos \delta \cdot \sin \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega \\ & + \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma \cdot \sin \omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \theta_S = & + \sin(-3,61854^\circ) \cdot \sin(-30^\circ) \cdot \cos 25^\circ \\ & - \sin(-3,61854^\circ) \cdot \cos(-30^\circ) \cdot \sin 25^\circ \cdot \cos(-45^\circ) \\ & + \cos(-3,61854^\circ) \cdot \cos(-30^\circ) \cdot \cos 25^\circ \cdot \cos(-32^\circ) \\ & + \cos(-3,61854^\circ) \cdot \sin(-30^\circ) \cdot \sin 25^\circ \cdot \cos(-45^\circ) \cdot \cos(-32^\circ) \\ & + \cos(-3,61854^\circ) \cdot \sin 25^\circ \cdot \sin(-45^\circ) \cdot \sin(-32^\circ) \end{aligned}$$

$$\cos \theta_S = 0,961$$

$$G_{ON}(n) = G_{SC} \cdot D_O(n) = 1367 \cdot 1,0107 = 1381,67$$

$$I_{O\beta}(n) = I_{ON}(n) \cdot \cos \theta_S = 1381,67 \cdot 0,961 = 1327 \text{ W/m}^2$$

3) Utilize os mesmos dados do problema anterior para calcular a radiação solar extraterrestre recebida, no dia 18 de dezembro, entre 11h e 12h.

$$\phi = -30^\circ$$

$$\beta = 25^\circ$$

$$\gamma = -45^\circ$$

Tabela do dia do ano → Dezembro →  $n = 334 + i = 334 + 18 = 352$

$$D_O(n) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot n}{365}\right) \right] = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot 352}{365}\right) \right] = 1,0321$$

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right) = 23,45^\circ \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + 352}{365}\right) = -23,42^\circ$$

$$B = \frac{360 \cdot (n - 81)}{364} = \frac{360 \cdot (352 - 81)}{364} = 268,02^\circ$$

$$E_t = 9,87 \cdot \sin 2B - 7,53 \cdot \cos B - 1,5 \cdot \sin B$$

$$E_t = 9,87 \cdot \sin 2 \cdot 268,02^\circ - 7,53 \cdot \cos 268,02^\circ - 1,5 \cdot \sin 268,02^\circ$$

$$E_t = 0,681622453 + 0,260166329 + 1,499104423$$

$$E_t = 2,44 \text{ min}$$

$$TSV = T_{LOC} \pm 4 \cdot (L_{ST} - L_{LOC}) + E_t = 11,5 + 4 \cdot \frac{1}{60} \cdot (45 - 52) + 2,44 \cdot \frac{1}{60}$$

$$TSV = 11,07 \text{ h}$$

$$\omega = (TSV - 12) \cdot \frac{15^\circ}{\text{h}} = (11,07 - 12) \cdot 15^\circ = -13,95^\circ$$

$$\cos \theta_S = + \sin \delta \cdot \sin \phi \cdot \cos \beta$$

$$- \sin \delta \cdot \cos \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma$$

$$+ \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \beta \cdot \cos \omega$$

$$+ \cos \delta \cdot \sin \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega$$

$$+ \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma \cdot \sin \omega$$

$$\cos \theta_S = + \sin (-23,42^\circ) \cdot \sin (-30^\circ) \cdot \cos 25^\circ$$

$$- \sin (-23,42^\circ) \cdot \cos (-30^\circ) \cdot \sin 25^\circ \cdot \cos (-45^\circ)$$

$$+ \cos (-23,42^\circ) \cdot \cos (-30^\circ) \cdot \cos 25^\circ \cdot \cos (-13,95^\circ)$$

$$+ \cos (-23,42^\circ) \cdot \sin (-30^\circ) \cdot \sin 25^\circ \cdot \cos (-45^\circ) \cdot \cos (-13,95^\circ)$$

$$+ \cos (-23,42^\circ) \cdot \sin 25^\circ \cdot \sin (-45^\circ) \cdot \sin (-13,95^\circ)$$

$$\cos \theta_S = 0,9753$$

$$G_{ON}(n) = G_{SC} \cdot D_O(n) = 1367 \cdot 1,0321 = 1411$$

$$I_{O\beta}(n) = I_{ON}(n) \cdot \cos \theta_S = 1411 \cdot 0,9753 = 1376 \text{ W/m}^2$$

4) Calcule a radiação solar extraterrestre incidente no dia 08 de setembro durante a hora solar entre as 10h30min e 11h30min, em Porto Alegre, sobre uma superfície de 3 m<sup>2</sup> inclinada de um ângulo de 32° em relação à horizontal e orientada para o Leste. Dê a resposta em energia (Joule).

$$\phi = -30^\circ$$

$$\beta = 32^\circ$$

$$\gamma = -90^\circ$$

$$TSV = 11 \text{ h}$$

$$\text{Tabela do dia do ano} \rightarrow \text{Setembro} \rightarrow n = 243 + i = 243 + 8 = 251$$

$$D_O(n) = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos \left( \frac{360 \cdot n}{365} \right) \right] = \left[ 1 + 0,033 \cdot \cos \left( \frac{360 \cdot 251}{365} \right) \right] = 0,9874$$

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin \left( 360 \cdot \frac{284 + n}{365} \right) = 23,45^\circ \cdot \sin \left( 360 \cdot \frac{284 + 251}{365} \right) = 5^\circ$$

$$\omega = (TSV - 12) \cdot \frac{15^\circ}{\text{h}} = (11 - 12) \cdot 15^\circ = -15^\circ$$

$$\cos \theta_S = + \sin \delta \cdot \sin \phi \cdot \cos \beta$$

$$- \sin \delta \cdot \cos \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma$$

$$\begin{aligned}
& + \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \beta \cdot \cos \omega \\
& + \cos \delta \cdot \sin \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega \\
& + \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma \cdot \sin \omega \\
\cos \theta_S = & + \sin 5^\circ \cdot \sin (-30^\circ) \cdot \cos 32^\circ \\
& - \sin 5^\circ \cdot \cos (-30^\circ) \cdot \sin 32^\circ \cdot \cos (-90^\circ) \\
& + \cos 5^\circ \cdot \cos (-30^\circ) \cdot \cos 32^\circ \cdot \cos (-15^\circ) \\
& + \cos 5^\circ \cdot \sin (-30^\circ) \cdot \sin 32^\circ \cdot \cos (-90^\circ) \cdot \cos (-15^\circ) \\
& + \cos 5^\circ \cdot \sin 32^\circ \cdot \sin (-90^\circ) \cdot \sin (-15^\circ)
\end{aligned}$$

$$\cos \theta_S = 0,80638$$

$$G_{ON} (n) = G_{SC} \cdot D_O (n) = 1367 \cdot 0,9874 = 1349,7758$$

$$\begin{aligned}
I_{O\beta} (n) = I_{ON} (n) \cdot \cos \theta_S &= 1349,7758 \cdot 0,80638 = 1088 \text{ W/m}^2 \\
& \quad \times 3 \text{ m}^2 \\
3264 \text{ Wh} &= 1,17504 \cdot 10^7 \text{ J}
\end{aligned}$$

Orientações metodológicas: Sugere-se que a execução desta atividade seja feita somente após a ATIVIDADE 07, a ATIVIDADE 08 e a ATIVIDADE 09, para melhor compreensão dos conceitos e dos modelos matemáticos utilizados para os cálculos das medidas solarimétricas e de radiação. Sugere-se também o uso de uma calculadora, preferencialmente científica. Havendo disponibilidade, seria interessante o uso de uma planilha eletrônica, como o software Excel for Windows. Salientar aos alunos que, como a energia solar é intermitente, seu aproveitamento nas diferentes regiões fica obrigatoriamente condicionado ao conhecimento da quantidade e do tipo de energia solar incidente. Isto é, deve-se saber a quantidade média de energia solar recebida dentro de um intervalo de tempo considerado, a porcentagem correspondente da radiação direta e da radiação difusa, a energia solar total recebida, a energia solar instantânea, a energia solar horária, a energia solar diária, a energia solar média mensal, a energia solar anual, entre outras. Portanto, as medidas solarimétricas constituem-se no ponto de partida de qualquer projeto para a utilização da energia solar. Devido ao elevado nível de compreensão exigido para o entendimento de todas essas medidas, nos detemos neste projeto aos cálculos da energia solar extraterrestre em superfícies horizontais, inclinadas e orientadas.

## 4 INVESTIGAÇÃO E RESULTADOS

A fim de verificar a validade e a viabilidade de aplicação do projeto proposto no capítulo 3, foi realizada uma investigação através da aplicação de um questionário (Anexo A) contendo 20 perguntas na escala Likert e 4 perguntas abertas, junto a professores de Matemática do Ensino Médio. Os professores receberam, para leitura e análise, o projeto na íntegra, com todas as atividades sugeridas.

A amostra foi constituída por 21 professores de Matemática que trabalham no Ensino Médio, assim caracterizados:

- a) 7 professores atuam na cidade de Canoas, 5 em Pelotas, 3 em Novo Hamburgo, 1 em Santa Maria, 1 em Guaíba, 1 em Porto Alegre, 1 em Alvorada, 1 em Ivoti e 1 em Taquara;
- b) 12 professores atuam na rede pública de ensino e 9 atuam na rede particular;
- c) 16 professores são do sexo feminino e 5 são do sexo masculino;
- d) A idade média aproximada dos professores é de 46 anos, com desvio padrão aproximado de 9 anos;
- e) O tempo médio aproximado de atuação docente dos professores selecionados é de 22 anos, com desvio padrão aproximado de 10 anos;
- f) 5 professores possuem licenciatura plena como maior titulação, 11 possuem especialização e 5 possuem mestrado, sendo que todos na área de Matemática e/ou Ciências.

Os professores foram selecionados pela sua experiência profissional como docente, pois acredita-se que estes possam, com sua experiência docente, compreender melhor as causas do baixo rendimento dos alunos nesta disciplina, as dificuldades por que passa o seu

ensino, sua evolução e seu estágio atual. Assim, podem discutir, comparar, interpretar e avaliar criticamente propostas de metodologias e, principalmente, analisar os pontos positivos e negativos de um projeto como o que está sendo aqui proposto. Portanto, o critério para a escolha dos professores foi o tempo de atuação docente.

Encontrou-se nas perguntas pela escala Likert os seguintes resultados:

Quanto às atividades sugeridas:

1 – São de fácil compreensão.

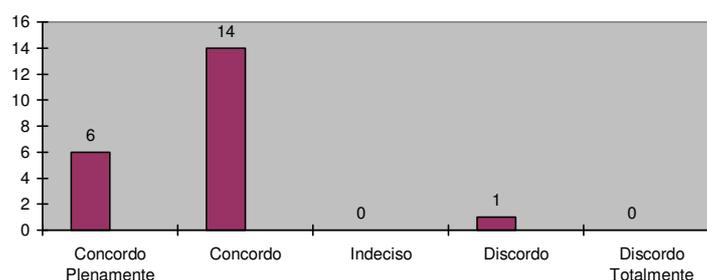


Figura 15 - Gráfico da pergunta 1

95,24% dos professores concordam que as atividades sugeridas são de fácil compreensão e somente 4,76% dos professores discordam que as atividades sugeridas são de fácil compreensão.

2 – A linguagem utilizada é compreensível.

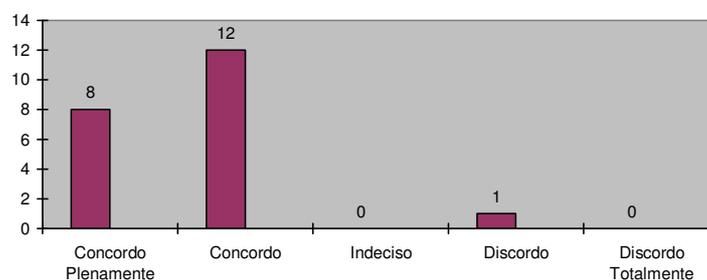


Figura 16 - Gráfico da pergunta 2

95,24% dos professores concordam que a linguagem utilizada nas atividades sugeridas é compreensível e somente 4,76% dos professores discordam que a linguagem utilizada nas atividades sugeridas é compreensível.

### 3 – Motivam para a resolução.

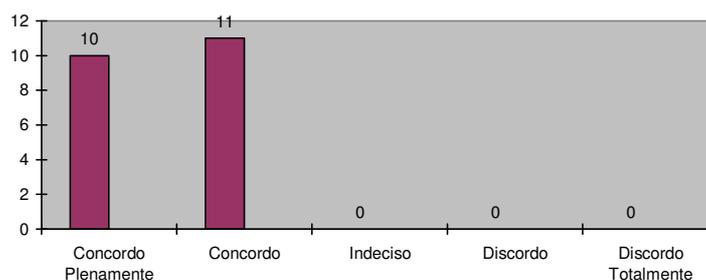


Figura 17 - Gráfico da pergunta 3

Observa-se que todos os professores concordam que as atividades sugeridas motivam para a resolução.

### 4 – As estratégias de resolução são adequadas ao Ensino Médio.

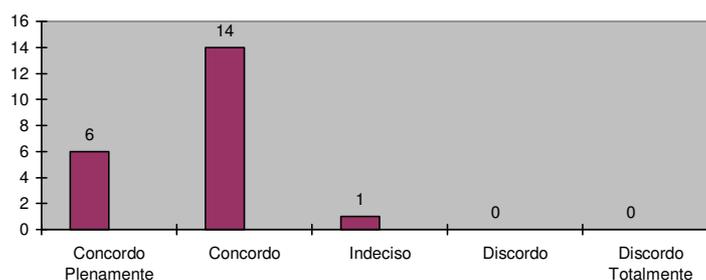


Figura 18 - Gráfico da pergunta 4

95,24% dos professores concordam que as estratégias de resolução das atividades sugeridas são adequadas ao Ensino Médio, 4,76% dos professores ficaram indecisos e nenhum professor considerou-as não adequadas.

5 – Os dados para a resolução necessitam de investigação.

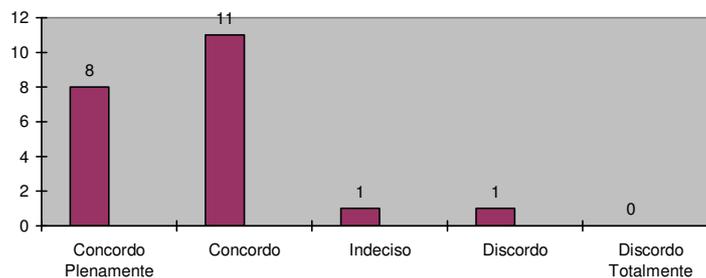


Figura 19 - Gráfico da pergunta 5

90,48% dos professores concordam que os dados para a resolução das atividades sugeridas necessitam de investigação, 4,76% dos professores ficaram indecisos e somente 4,76% dos professores discordam que os dados para a resolução das atividades sugeridas necessitam de investigação.

6 – Valorizam estratégias informais e resultados dos alunos.

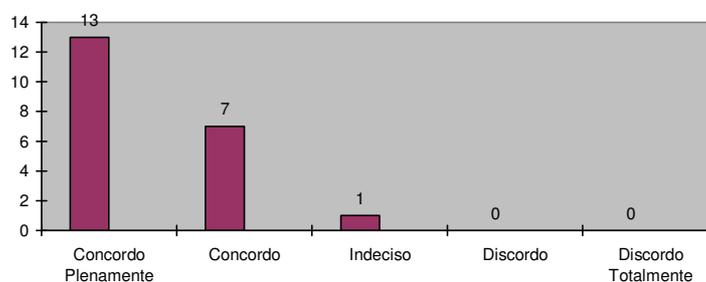


Figura 20 - Gráfico da pergunta 6

95,24% dos professores concordam que as atividades sugeridas valorizam estratégias informais e resultados dos alunos e 4,76% dos professores ficaram indecisos.

7 – Os problemas exigem raciocínio.

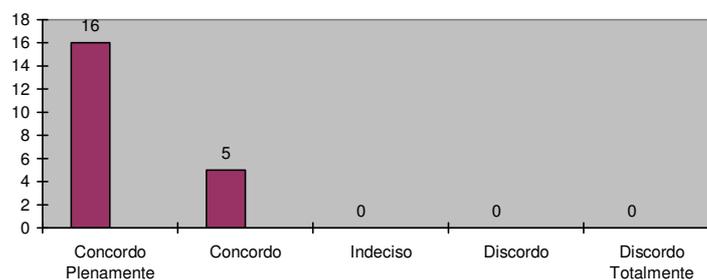


Figura 21 - Gráfico da pergunta 7

A totalidade dos professores investigados concordam que os problemas contidos nas atividades sugeridas exigem raciocínio.

8 – Levam a novos conhecimentos.

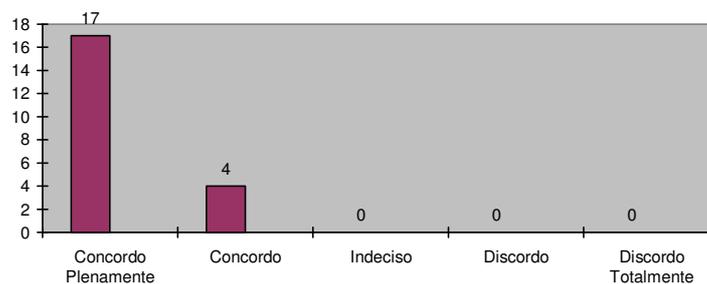


Figura 22 - Gráfico da pergunta 8

Observa-se que todos os professores concordam que as atividades sugeridas levam a novos conhecimentos.

9 – Facilitam a compreensão de fenômenos que acontecem diariamente.

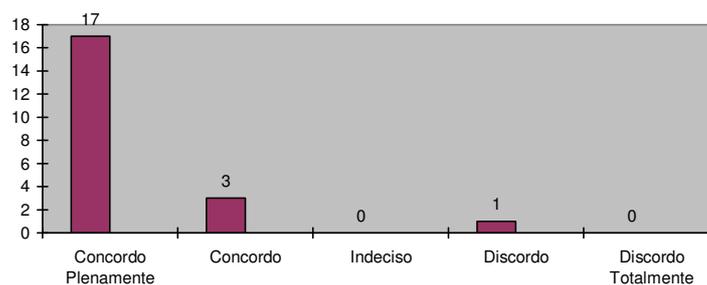


Figura 23 - Gráfico da pergunta 9

95,24% dos professores concordam que as atividades sugeridas facilitam a compreensão de fenômenos que acontecem diariamente e somente 4,76% dos professores discordam que as atividades sugeridas facilitam a compreensão de fenômenos que acontecem diariamente.

10 – Contribuem para uma aprendizagem mais significativa.

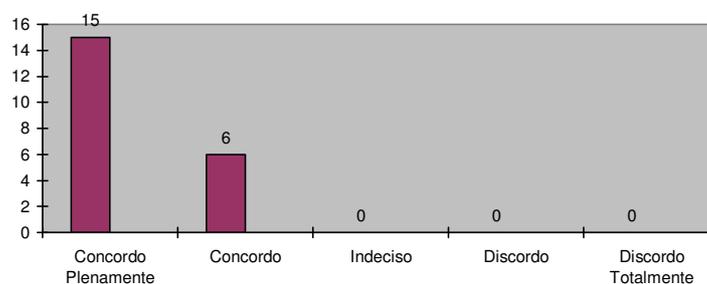


Figura 24 - Gráfico da pergunta 10

Os professores, na sua totalidade, concordam que as atividades sugeridas contribuem para uma aprendizagem mais significativa.

11 – São muito diferentes do trabalho que estou habituado(a) a realizar.

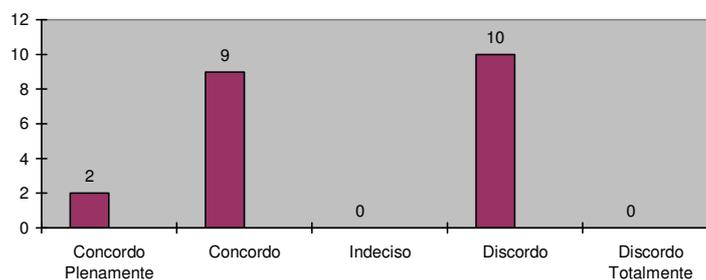


Figura 25 - Gráfico da pergunta 11

52,38% dos professores concordam que as atividades sugeridas são muito diferentes do trabalho que estão habituados a fazer e 47,62% dos professores discordam que as atividades sugeridas são muito diferentes do trabalho que estão habituados a fazer.

12 – O conteúdo não despertou interesse.

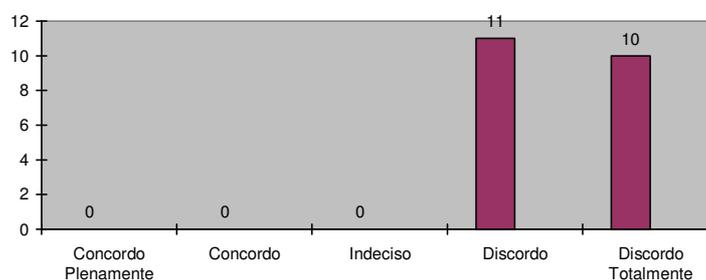


Figura 26 - Gráfico da pergunta 12

Os professores consideram que o conteúdo das atividades sugeridas despertou interesse.

Quanto ao projeto:

13 – Este projeto possibilita a integração da Matemática com a realidade do aluno.

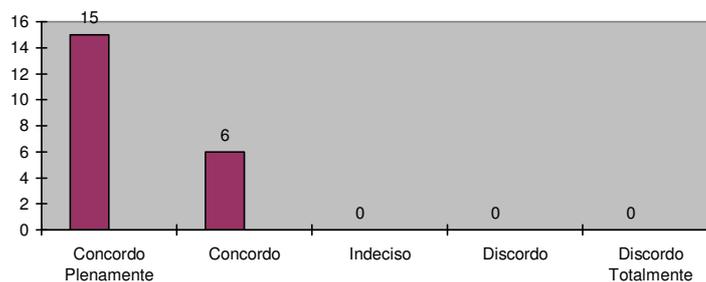


Figura 27 - Gráfico da pergunta 13

100% dos professores concordam que o projeto possibilita a integração da Matemática com a realidade do aluno.

14 – Este projeto é significativo para uma melhor compreensão da Matemática e dos objetivos de seu ensino.

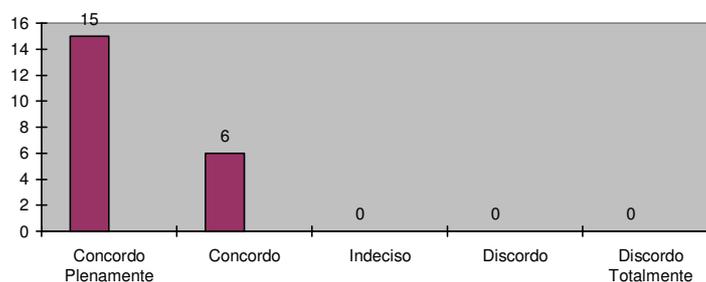


Figura 28 - Gráfico da pergunta 14

100% dos professores concordam que o projeto é significativo para uma melhor compreensão da Matemática e dos objetivos de seu ensino.

15 – Este projeto estimula uma participação mais efetiva dos alunos nas aulas de Matemática.

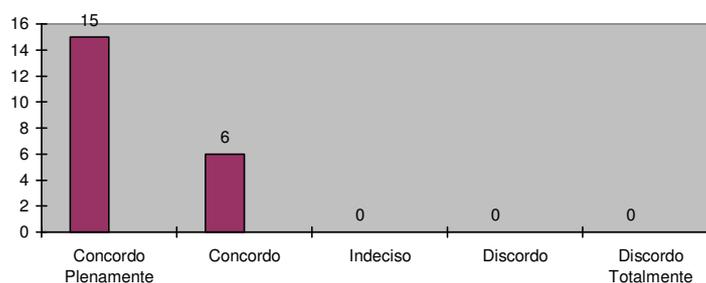


Figura 29 - Gráfico da pergunta 15

100% dos professores concordam que o projeto estimula uma participação mais efetiva dos alunos nas aulas de Matemática.

16 – Este projeto contribui para a conscientização de problemas ambientais e energéticos e a internalização da Energia Solar como possível solução.

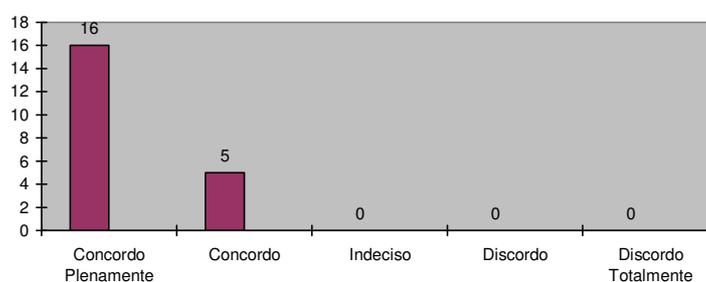


Figura 30 - Gráfico da pergunta 16

100% dos professores concordam que o projeto contribui para a conscientização de problemas ambientais e energéticos e a internalização da Energia Solar como possível solução.

17 – Este projeto estimula o exercício da cidadania nos alunos.

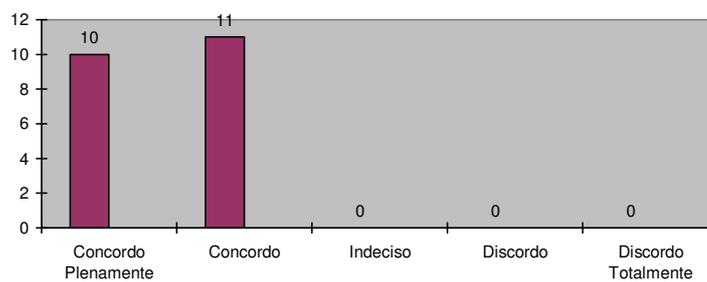


Figura 31 - Gráfico da pergunta 17

100% dos professores concordam que o projeto estimula o exercício da cidadania nos alunos.

18 – Este projeto estimula o interesse pela ciência em geral.

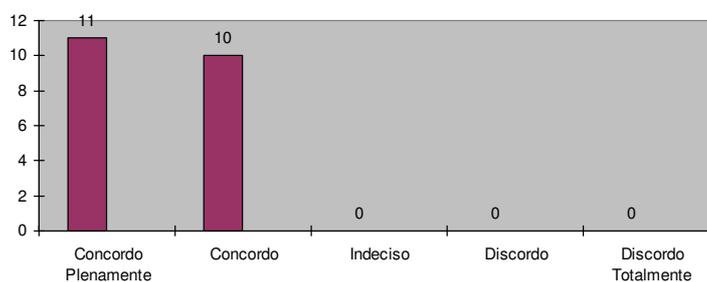


Figura 32 - Gráfico da pergunta 18

100% dos professores concordam que o projeto estimula o interesse pela ciência em geral.

19 – Este projeto pode ser implementado na disciplina de Matemática no Ensino Médio.

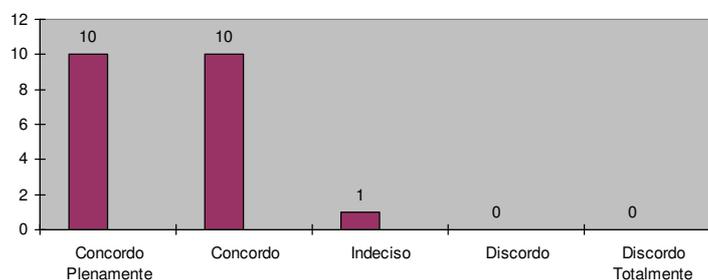


Figura 33 - Gráfico da pergunta 19

95,24% dos professores concordam que o projeto pode ser implementado na disciplina de Matemática no Ensino Médio e 4,76% dos professores ficaram indecisos.

20 – Este projeto pode ser implementado em conjunto com outras disciplinas.

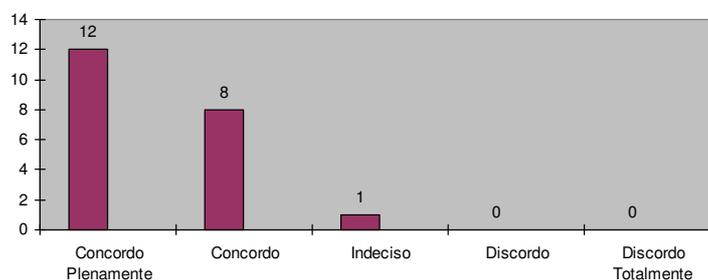


Figura 34 - Gráfico da pergunta 20

95,24% dos professores concordam que o projeto pode ser implementado em conjunto com outras disciplinas e somente 4,76% dos professores ficaram indecisos.

Nas perguntas abertas os professores foram categorizados por letras de A a V, encontrando-se os seguintes resultados:

1 – A proposta apresentada é válida e viável? Justifique.

Os professores A, B, J, M, N, O, Q, R, S, T e V responderam que a proposta apresentada é válida, pois motivará o aluno pela sua interação com outras disciplinas, pela contextualização, pela vivência entre a teoria matemática e a prática, e o assunto energia solar é muito atual e adequado para atingir este objetivo, colaborar na preparação de cidadãos e conduzir à pesquisa, e que a viabilidade requer um professor muito melhor preparado do que os atuais.

Os professores C, D, F e U responderam que a proposta é válida porque apresenta a Matemática de forma integrada com os problemas ambientais, direção necessária para a educação no século XXI, e que a viabilidade dependerá do embasamento teórico dos professores aplicadores, que devem conhecer profundamente o assunto energia solar, e do domínio, por parte dos alunos, dos pré-requisitos necessários para o desenvolvimento do projeto.

Os professores E e H responderam que a proposta é válida, pois o assunto é atual e a energia solar já é discutida pela sociedade, e que é viável, pois está em sintonia com os conteúdos programáticos do Ensino Médio e o nível de dificuldade está de acordo com o Ensino Médio e o conhecimento dos alunos.

Os professores G, I, L e P responderam que a proposta é válida, pois é interessante e exige pesquisa, mas só é viável se ocorrer em turno inverso, devido à indisponibilidade de tempo, ou somente com um determinado grupo de alunos, todos já com um bom nível de aprendizagem.

2 – Cite aspectos positivos deste projeto.

Os professores A, B, C, D, E, G, L, P, Q, O e S responderam que o projeto irá despertar interesse dos alunos para a pesquisa e conduzir para o desenvolvimento do raciocínio lógico, irá proporcionar a interdisciplinaridade e a multidisciplinaridade, e levará a Matemática para o cotidiano do aluno, através da vivência com a realidade, tornando o desenvolvimento dos conteúdos matemáticos mais interessantes.

Os professores C, D, F e N responderam que o projeto conscientiza os alunos para alguns problemas ambientais e traz o tema desenvolvimento sustentável para o estudo da Matemática, da Física, etc., isto é, da ciência como um todo, destacando o aproveitamento da energia solar para aquecimento de água nas casas.

Os professores H, I, L, M, R, U e T responderam que o assunto abordado é atual e que a ligação entre a Matemática e as situações do dia-a-dia constantes neste projeto tornam a Matemática interessante e mais próxima de nossos educandos, atendendo ainda às necessidades da vida em sociedade e permitindo que o aluno encontre soluções para os problemas.

O professor E respondeu que um aspecto de grande importância no projeto é a utilização de um software.

Os professores J e N responderam que a reflexão sobre algumas situações do meio ambiente que tem influência na vida dos estudantes é um dos aspectos positivos. Outro aspecto importante é que o mesmo assunto pode ser refletido e aprofundado em diferentes séries, permitindo que os alunos aumentem o seu conhecimento ao longo de três anos. E, por último, que o projeto está muito claro na elaboração dos objetivos, na redação das atividades, estas muito próprias para o nível escolar dos alunos, e nas orientações metodológicas.

Os professores B, F e V responderam que o projeto possibilita melhor relacionamento entre alunos e professores e entre os próprios alunos, mostrando a eles que o professor não é dono de um conhecimento, o que significa uma quebra de padrões de sala de aula.

Os professores E e M responderam que, ao aplicar este projeto em sala de aula, outras questões sobre energia solar e meio ambiente surgirão. O enriquecimento do projeto se dará com a contribuição dos próprios alunos. Com isto, ocorrerão mais ligações entre os conteúdos matemáticos e o tema energia solar.

### 3 – Cite aspectos negativos deste projeto.

Os professores A, N e U responderam que alguns assuntos são muito profundos para alunos de Ensino Médio, que apresentam dificuldades em álgebra e raciocínio lógico, sendo difícil de aplicar o projeto em sua totalidade.

Os professores F e M responderam que haveria dificuldade em colocar o projeto em prática, pois algumas das atividades propostas exigem conhecimentos específicos da Física, da Geografia, etc., e isso quebraria a rotina do professor, dificultando o trabalho como um todo.

Os professores G, H, I, L, P e S responderam que não há tempo suficiente para desenvolver o projeto com boa qualidade.

Os professores H e L responderam que não há recursos tecnológicos disponíveis, referindo-se ao uso do software Meteo como um ponto que se distancia da realidade do aluno do Ensino Médio.

O professor P respondeu que falta apoio da instituição.

Os professores M e V responderam que as atividades do projeto devem ser bem dosadas, para que o tema não se torne enfadonho, principalmente para os alunos “desligados”.

Os professores B, C, D, E, O, Q, R e T não responderam.

4 – Apresente sugestões que possam contribuir para o enriquecimento do projeto.

Os professores B, D, F e L sugeriram que, antes da aplicação do projeto, ocorresse uma preparação prévia em encontros de professores, e que o projeto seja divulgado e aplicado nas escolas de Ensino Médio, apresentando para toda a comunidade escolar, ao final, os resultados alcançados.

Os professores J, N e V sugeriram atividades iniciais motivadoras, tais como conhecer um local onde esteja funcionando um coletor solar, entrevistar pessoas que possuam um, visitar fábricas de coletores, assistir palestras e vídeos sobre o assunto, realizar pesquisas sobre consumo de energia e de água quente, e sobre outras fontes alternativas de energia.

Os professores H, J, S e T sugeriram que o projeto fosse trabalhado de forma interdisciplinar, em parceria com professores de outras áreas, havendo um conjunto de projetos de mesma envergadura para serem aplicados ao longo do Ensino Médio.

Os professores A, C, E, G, I, M, O, P, Q, R e U não responderam.

Diante dos dados levantados, constata-se que:

a) Houve uma notável receptividade pelos professores em relação ao projeto como um todo, pois todas as perguntas do questionário aplicado foram respondidas de maneira favorável ao projeto, como se pode observar nos gráficos.

b) Os professores consideraram as atividades do projeto adequadas para o Ensino Médio, quanto à linguagem utilizada e o nível de dificuldade, conforme as respostas das perguntas nº 1, 2 e 4 (escala Likert) e das perguntas abertas nº 1 e 2.

c) Os professores consideraram que as atividades do projeto conduzem o aluno à pesquisa, conforme as respostas das perguntas nº 5 (escala Likert) e das perguntas abertas nº 1 e 2.

d) Os professores consideraram que as atividades do projeto são motivadoras, exigem raciocínio e valorizam estratégias e resultados dos alunos, conforme as respostas das perguntas nº 3, 6 e 7 (escala Likert) e da pergunta aberta nº 2.

e) Os professores consideraram que as atividades do projeto levam a novos conhecimentos e facilitam a compreensão de fenômenos, contribuindo para alcançar aprendizagens significativas, conforme as respostas das perguntas nº 8, 9 e 10 (escala Likert).

f) Houve divisão de opiniões quanto ao fato de o projeto ser diferenciado em relação à prática docente dos professores pesquisados. Aproximadamente metade dos professores realiza um trabalho muito diferente do que o projeto propõe, conforme a resposta da pergunta nº 11 (escala Likert), e todos consideraram o conteúdo do projeto interessante de ser trabalhado, conforme a resposta da pergunta nº 12 (escala Likert) e das perguntas abertas nº 1 e 2.

g) Os professores consideraram que o projeto pode, efetivamente, integrar a Matemática à realidade do aluno, fazendo com que este compreenda melhor esta disciplina e dê real significado e importância ao seu estudo. A partir disto, espera-se que o projeto estimule uma maior participação dos alunos nas aulas de Matemática. Estas afirmações podem ser comprovadas pelas respostas das perguntas nº 13, 14 e 15 (escala Likert) e da pergunta aberta nº 1.

h) Os professores consideraram que o projeto, ao abordar o tema desenvolvimento sustentável, estimula o interesse pela ciência e o exercício da cidadania nos alunos, pois

colabora na conscientização de problemas ambientais e energéticos, mostrando a utilidade da energia solar, que configura-se como uma das soluções possíveis, conforme as respostas das perguntas nº 16, 17 e 18 (escala Likert) e das perguntas abertas nº 1 e 2.

i) Os professores consideraram que a interdisciplinaridade é condição *sine qua non* para a implementação do projeto, e que este é possível de ser implementado na disciplina de Matemática no Ensino Médio, conforme as respostas das perguntas nº 19 e 20 (escala Likert) e das perguntas abertas nº 1 e 2.

j) Todos os professores consideraram a proposta válida, conforme a descrição dos itens acima (de a até i) e das respostas das perguntas abertas nº 1 e 2. Em relação à viabilidade, 4 professores questionaram a implementação do projeto, pois acreditam que os professores devem ter um conhecimento profundo sobre energia solar e os alunos devem ter alguns pré-requisitos e um bom nível de conhecimento, conforme a resposta da pergunta aberta nº 1. Esta visão é equivocada pois, como já se afirmou no capítulo 3, não se recomenda dar aulas de energia solar. Continua-se a dar aulas de Matemática. Porém, serão aulas mais dinâmicas, com mais participação e interesse dos alunos, contextualizadas através do tema energia solar. São os textos de apoio, as atividades sugeridas de sala de aula, as atividades de investigação extra-classe, o uso do software, a interação entre os alunos, a comunicação de idéias e experiências pessoais e a comunicação dos resultados obtidos pelos alunos que darão sustentação metodológica para a implementação do projeto. Tanto o professor quanto os alunos podem aprender juntos, compartilhar as questões, debatendo-as, procurando estratégias de resolução, antes de fornecer respostas. Fica evidente que isto exige uma quebra de padrões em relação à postura do professor, antes dono e transmissor de todo o conhecimento, agora um orientador de aprendizagem, co-participante de um processo de construção do conhecimento. Os demais professores consideraram a proposta totalmente viável, destacando a clareza dos objetivos, das atividades sugeridas e das orientações metodológicas e a possibilidade de refletir e aprofundar o assunto durante todo o Ensino Médio, conforme a descrição dos itens acima (de a até i) e as respostas das perguntas abertas nº 1 e 2.

l) Alguns professores, isoladamente, demonstraram preocupação com o tempo consumido pelas atividades, com a necessidade de entrar no âmbito de outras disciplinas, com a profundidade de alguns assuntos e a dificuldade dos alunos em álgebra e raciocínio lógico e com a falta de recursos tecnológicos. Evidencia-se, nesse tipo de discurso, uma certa resistência ao novo, muito que provavelmente motivada pela insegurança pessoal dos professores e pela incredibilidade de quebra do modelo tradicional de ensino. É preciso

salientar que o projeto proposto pode ser reformulado, adaptado e implementado pelos professores de acordo com as necessidades cognitivas de seus alunos e com a autonomia e flexibilidade que qualquer professor tem, de alterar seu plano de ensino a qualquer momento, priorizando certos conteúdos e/ou atividades, em detrimento de outros que julgar menos importantes ou já apreendidos. O professor pode, por exemplo, substituir uma atividade de análise de um gráfico qualquer, que não possua significado para o aluno, pois é descontextualizado, por um gráfico de análise de custos da energia solar. Assim, pode organizar a implementação do projeto em relação ao tempo consumido. Em relação à utilização de conhecimentos específicos de outras disciplinas, ressalta-se que só traz benefícios para professor e aluno, pois se considera necessário estabelecer relações entre a Matemática e outras áreas do conhecimento, a fim de possibilitar ao aluno a aplicação da Matemática de forma mais útil e menos convencional, tornando-a mais interessante e permitindo que o aluno encontre soluções para os problemas. Quanto à afirmação de que alguns assuntos no projeto são muito profundos e os alunos têm dificuldades cognitivas em álgebra e raciocínio lógico, afirma-se que as atividades do projeto possuem também a ambição de diminuir ou sanar dificuldades de aprendizagem. Seriam estes assuntos, considerados pelos professores como mais profundos, ainda mais difíceis para os alunos do que, por exemplo, a trigonometria na circunferência, com seus gráficos repletos de assíntotas e tendências ao infinito, suas equações, inequações e identidades trigonométricas? Acredita-se que não. E quanto à falta de recursos tecnológicos, pode-se afirmar que se trata de um caso isolado, pois mesmo as instituições estaduais, que supostamente têm menos recursos, possuem bons laboratórios de informática. Estas afirmações dos professores podem ser comprovadas através da resposta da pergunta aberta nº 3.

m) Aproximadamente a metade dos professores fez importantes contribuições, sugerindo ações e novas idéias para a implementação do projeto, que visam a sensibilização de professores e alunos para o trabalho que se propõe com o tema energia solar como, por exemplo, visitar uma fábrica de coletores solares. Os professores consideraram que o projeto deve ser divulgado e aplicado nas escolas, de forma interdisciplinar, havendo uma preparação prévia dos professores aplicadores em encontros. Estas afirmações dos professores podem ser comprovadas através da resposta da pergunta aberta nº 4.

## CONCLUSÕES

Diante do quadro problemático da Educação como um todo, do Desenvolvimento Sustentável e do ensino e aprendizagem da Matemática, refletido nos pressupostos teóricos, pensa-se que o papel atribuído à Educação Matemática no Ensino Médio deve ser mais valorizado, introduzindo metodologias que vislumbrem uma nova maneira de construir as idéias matemáticas, levando o aluno de uma atitude passiva para outra ativa, estimulando a troca de idéias, explorando a vivência que o aluno traz para a sala de aula e, fundamentalmente, visando o processo de ensino e não somente o produto.

A alternativa que se propõe é a adoção de uma nova postura em educação, de reconhecer que o indivíduo é um todo integral e que suas práticas cognitivas não são desvinculadas do contexto no qual o processo se dá.

Assim, utilizando a metodologia de projeto, que representa uma das novas tendências em educação e, em particular, da Educação Matemática, elaborou-se atividades que, utilizadas numa perspectiva pedagógica, exploram e valorizam a utilização da energia solar e, ao mesmo tempo, permitem a aplicação de conteúdos estudados nas disciplinas do currículo do Ensino Médio, como a Geografia, a Física, a Química, a Biologia e a própria Matemática.

Na utilização do tema energia solar, salienta-se uma contínua relação com os problemas ambientais. Há conceitos importantes que são realçados, tendo sempre presente uma relação íntima entre a energia, o ambiente e a economia. É possível, ainda, no desenrolar das atividades, articular para análise de valores morais, éticos e sociais, desenvolver hábitos e atitudes, desenvolver o espírito de crítica ao consumismo e o senso de responsabilidade e solidariedade no uso dos bens comuns e recursos naturais, de modo a respeitar o ambiente.

Reafirma-se que as atividades e os conteúdos a serem desenvolvidos não podem ser caracterizados pela rigidez, como se fosse uma decisão definitiva e não flexível. Consiste na possibilidade de alterar e de reestruturar, sempre que for necessário, de acordo com as novas urgências e as novas situações que surgem. Portanto, não estão estabelecidos e prontos, de modo que não possam ser readaptados e atender aos objetivos do projeto. Novos problemas e exemplos podem ser pesquisados para o enriquecimento do material e posterior aplicação em sala de aula.

Os procedimentos planejados na estrutura das atividades foram centrados no envolvimento e na participação coletiva, no trabalho multidisciplinar, na pesquisa, no trabalho de grupo e na análise e interpretação de dados reais, seja através de textos, gráficos, tabelas, equações, etc..

Outra consequência desta proposta refere-se ao seu caráter reorganizador da dinâmica da aula, conferindo novos papéis para aluno, professor e o próprio conhecimento, eliminando a relação autoritária com a Matemática, dando ao professor um outro papel, o de orientador de uma experiência democrática de aprendizagem. Compete aos professores incentivar e gerar situações de criatividade que contribuam para visões de políticas econômicas, energéticas e ambientais, evidenciando que não podem estar desligadas umas das outras.

Acredita-se que é nas escolas que os jovens devem aprender a gerir recursos limitados da Terra, pensando na construção de um futuro harmonioso para todos. O estudo da energia solar, abordada no projeto, é mais uma contribuição para uma nova atitude de valorização da energia e do ambiente. As ações desenvolvidas neste projeto criam uma sensibilização neste domínio, fazendo um grande esforço no sentido da Educação Ambiental desempenhar um papel importante nos sistemas educativos. Evidentemente, há múltiplas formas de alertar para estes problemas.

Também se dá importância neste trabalho o fato de que, pela atualidade e diversidade das atividades desenvolvidas, pode-se suscitar o interesse dos alunos pela Matemática, para que criem seus próprios conceitos, e que o estudo da Matemática passe a ser para eles um ato menos doloroso e menos estafante.

Dessa forma, na análise dos resultados encontrados na investigação, verificou-se, em virtude dos objetivos declarados, que a pesquisa cumpriu seus propósitos. Revelou que o tema energia solar e as atividades sugeridas podem ser aproveitadas em programas e projetos de educação ambiental, sendo uma proposta alternativa não só para sanar inúmeros problemas

existentes no ensino e aprendizagem da Matemática, como para sensibilizar e orientar os alunos quanto ao uso racional da energia e o uso da Energia Solar.

Salienta-se que a banca examinadora considerou que o valor didático de uma aplicação com alunos é mais vantajosa que uma análise com professores e que, desta forma, o projeto deveria ter sido aplicado em uma turma do Ensino Médio, o que se considera verdadeiro. Mas devido à escassez de tempo para aplicar o projeto, que foi elaborado para os três anos de duração do Ensino Médio, e as dificuldades em obter uma escola e professores que aceitassem a proposta, não foi possível a aplicação com alunos. Apesar disso, considera-se que a investigação com os professores foi bastante significativa, pois esclareceu sobre a viabilidade e os benefícios, para o professor e para o aluno, da implementação de um projeto dessa natureza, avaliando suas limitações e outras dúvidas que surgiram.

Espera-se que este trabalho inicial seja multiplicado, permitindo responder aos desejos do mundo contemporâneo e colaborar com a construção de uma nova racionalidade que possibilite criar alternativas de desenvolvimento sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ALBÉ, Maristela de Quadros. *Função Polinomial do 1º Grau com Enfoque em Desenvolvimento Sustentável*. Encontro Gaúcho de Educação Matemática, 6. Anais. Osório, jun. 1999.
- 2 ALMEIDA, Fernando. *O Bom Negócio da Sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.
- 3 ALONSO, E. *La Educación del Consumidor y del Usuario: un enfoque ecológico*. Málaga: Instituto de Investigaciones Ecológicas, 1995.
- 4 ANAMMA; FAMURS. *Agenda 21 – Documento Básico*. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: ANAMMA-FAMURS, 1992.
- 5 ANDRADE, Rui Otávio Bernardes de; TACHIZAWA, Takeshy; CARVALHO, Ana Barreiros de. *Gestão Ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável*. São Paulo: MAKRON Books, 2000.
- 6 ARAÚJO, Celso de. *Transmissão de Calor*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1982.
- 7 AZCÁRATE, Pilar. *Que matemáticas necesitamos para comprender el mundo actual?* Universidad de Cádiz. Investigación en la Escuela, n. 32, 1997.
- 8 BEZERRA, Arnaldo Moura. *Aplicações Térmicas da Energia Solar*. 2. ed. João Pessoa: UFPb, 1986.
- 9 \_\_\_\_\_. *Aplicações Práticas da Energia Solar*. São Paulo: Nobel, 1990.
- 10 \_\_\_\_\_. *Aplicações Térmicas da Energia Solar*. 3. ed. João Pessoa: UFPb, 1998.
- 11 BITTENCOURT, Leonardo Salazar. *Uso das Cartas Solares*. Maceió: EDUFAL, 1990.
- 12 BLUMENTHAL, Gladis W. *Educação Matemática, Inteligência e Afetividade*. Encontro Nacional de Educação Matemática, 6. São Leopoldo, jul. 1998.

- 13 \_\_\_\_\_. *Ensino Fundamental e Educação Matemática*. Encontro Gaúcho de Educação Matemática, 6. Anais. Osório, jun. 1999.
- 14 \_\_\_\_\_. *Os PCN's e o Ensino Fundamental em Matemática: um avanço ou um retrocesso?* Educação Matemática em Revista, n. 2, nov. 2000.
- 15 BORBA, Marcelo de Carvalho. *A Importância da Matemática: algumas concepções*. Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática. Anais. Out. 2000, Rio Claro.
- 16 BOYER, Carl Benjamin. *História da Matemática*. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.
- 17 BRANCO, Samuel Murgel. *Energia e Meio Ambiente*. São Paulo: Moderna, 1999.
- 18 \_\_\_\_\_. *O Meio Ambiente em Debate*. São Paulo: Moderna, 1999.
- 19 BROWN, L. R. *Qualidade de Vida: salve o planeta*. São Paulo: Globo, 1992.
- 20 BRUNDTLAND, G. H. (Coord.). *Nosso Futuro Comum*. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: FGV, 1991.
- 21 BUARQUE, C. *Desenvolvimento Sustentável*. Brasília: UNB, 1994.
- 22 BUCKLEY, R. W.; KUETZ, E. *European Photovoltaic Education Initiative*. Proceedings of the World Renewable Energy Congress. **Renewable Energy**, Reading, v. 5, n. 1-4, p. 345-347, Aug. 1994.
- 23 BURSZTYN, M. (Org.). *Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável*. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- 24 CABIROL, Thierry; ROUX, Daniel. *O Aquecimento das Habitações e a Energia Solar II*. Lisboa: CETOP, 1984.
- 25 CALVO, S. *Conferencias Internacionales y Nacionales sobre Educación Ambiental*. Madrid: Complutense, 1992.
- 26 CALVO, S.; CORRALIZA, J. A. *Educación Ambiental: conceptos y propuestas*. Madrid: CCS, 1994.
- 27 CAVALCANTI, Clóvis (Org.). *Desenvolvimento e Natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1998.
- 28 \_\_\_\_\_. *Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1999.
- 29 CHEVALLARD, Yves. *Estudar Matemáticas: o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- 30 COLÁS, José Casanova (Coord.). *Curso de Energia Solar*. Valladolid: Universidad de Valladolid, 1993.

- 31 COLLE, Sérgio; PEREIRA, Ênio Bueno. *A Energia que vem do Sol*. **Ciência Hoje**, v. 22, n. 130, p. 30, ago. 1997.
- 32 COMETTA, Emilio. *Energia Solar: utilização e empregos práticos*. São Paulo: Hemus, 1982.
- 33 COMMONER, Barry. *Energias Alternativas: novas energias para um mundo novo*. Rio de Janeiro: Record, 1986.
- 34 COOPER, P. I. *The Absorption of Solar Radiation in Solar Stills*. [s.l.]:[s.e.], 1969.
- 35 CORSON, Walter H. *Manual Global de Ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente*. 2. ed. São Paulo: Augustus, 1996.
- 36 COSTA, A. M.; GAMA, A. M. *As Energias Alternativas, Interdisciplinaridade e Ensino das Ciências*. Braga: Universidade do Minho, 1987.
- 37 \_\_\_\_\_. *Scuola, Energie Alternative ed Ambiente: un progetto pedagogico in una scuola portoghese*. Roma: Innovazione, Comunicazione, Sviluppo, 1993.
- 38 \_\_\_\_\_. *As Energias Renováveis e a Prática Pedagógica: uma abordagem apoiada no ensino da Ciência*. Vigo: [s.e.], 1994.
- 39 COX, C. *Formas de Gobierno en la Educación Superior: nuevas perspectivas*. Santiago: Flacso, 1990.
- 40 CRESPO, L. *La Ciencia y la Tecnología ante la Problemática Ambiental*. Madrid: UNED, 1995.
- 41 D'AMBRÓSIO, Beatriz. *Formação de Professores de Matemática para o Século XXI: o grande desafio*. **Pró-posições**, v. 4, n. 1, 35-41, mar. 1993.
- 42 D'AMBRÓSIO, Ubiratan. *Ciências, Informática e Sociedade: uma coletânea de textos*. Brasília: EUB, 1994.
- 43 \_\_\_\_\_. *Socio-cultural Bases for Mathematics Education*. Campinas: Unicamp, 1985.
- 44 \_\_\_\_\_. *Da Realidade à Ação: reflexões sobre educação e matemática*. São Paulo: Summus, 1986.
- 45 \_\_\_\_\_. *Aspectos Culturais do Desenvolvimento Sustentável*. *Humanidades*, n. 4, v. 10, p. 300-311, 1994.
- 46 \_\_\_\_\_. *Educação Matemática: da teoria à prática*. 4. ed. Campinas: Papirus, 1996.
- 47 \_\_\_\_\_. *A Matemática nas Escolas*. *Educação Matemática em Revista*, 2000.
- 48 DAVID, Maria Manuela Soares. *A Sistematização dos Conceitos Matemáticos em suas Representações Abstratas e Gerais e as Abordagens Trans e Interdisciplinares no Currículo*

*Integrado*. Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática. Anais. Out. 2000, Rio Claro.

49 DIAS, Genebaldo Freire. *Educação Ambiental: princípios e práticas*. Rio de Janeiro: Gaia, 1992.

50 DINIZ, Maria I. de S. Vieira; SMOLE, Kátia Stocco. *Um Professor Competente para o Ensino Médio*. Educação Matemática em Revista, 2000.

51 DUFFIE, John A.; BECKMAN, William A. *Solar Energy Thermal Processes*. New York: John Wiley, 1974.

52 \_\_\_\_\_. *Solar Engineering of Thermal Processes*. New York: John Wiley, 1980.

53 \_\_\_\_\_. *Solar Engineering of Thermal Processes*. 2. ed. New York: John Wiley, 1991.

54 ELIASSON, B. *Renewable Energy: status and prospects*. Växjö: ABB Environmental Affairs, 1998.

55 FIORENTINI, Dario. *A Questão dos Conteúdos e Métodos no Ensino da Matemática*. Encontro Gaúcho de Educação Matemática, 2. Anais. Porto Alegre, out. 1993.

56 \_\_\_\_\_. *Alguns Modos de Ver e Conceber o Ensino de Matemática no Brasil*. Revista Zetetikè, Campinas, n. 4, p. 1-37, 1995.

57 GADOTTI, Moacir. *Pedagogia da Terra*. São Paulo: Peirópolis, 2000.

58 GARG, H. P.; PRAKASH, J. *Solar Energy: fundamentals and applications*. New Delhi: Tata-McGraw Hill, 1997.

59 GAYFORD, C; DORION, C. *Planning and Evaluation of Environmental in the School Curriculum*. Reading, 1994.

60 GENATIOS, Eduardo. *Poblacion, Pobreza y Recursos Naturales en el Contexto del Desarrollo Sustentable*. Congresso Internacional de Energia, Ambiente e Inovação Tecnológica, 3. Caracas, 1996.

61 GENATIOS, Genoveva de. *El Recurso Aire: contaminacion a nivel planetario*. Congresso Internacional de Energia, Ambiente e Inovação Tecnológica, 3. Caracas, 1996.

62 GOLDEMBERG, José. *Olhares sobre o Brasil*. Santa Maria: UFSM-FATEC, 1999.

63 GRALLA, Preston. *How the Environment Works*. [s.l.]: Quark Books, 1998.

64 GROENWALD, Claudia Lisete Oliveira. *Matemática e Educação Ambiental: educando para o desenvolvimento sustentável*. Encontro Gaúcho de Educação Matemática, 6. Anais. Osório, jun. 1999.

- 65 GUEDES, Eliana Maria; LOBÃO, Diomar Cesar. *O Desenvolvimento da Habilidade da Visualização Através da Utilização de Programas Computacionais*. Encontro Nacional de Educação Matemática, 6. São Leopoldo, jul. 1998.
- 66 HALACY, Daniel S. *La Nueva Era de la Energía Solar*. Buenos Aires: Marymar, 1975.
- 67 HERNÁNDEZ, Fernando. *Transgressão e Mudança na Educação: os projetos de trabalho*. Porto Alegre: ArtMed, 1998.
- 68 HERNÁNDEZ, Fernando; VENTURA, Montserrat. *A Organização do Currículo por Projetos de Trabalho: o conhecimento é um caleidoscópio*. Porto Alegre: ArtMed, 1998.
- 69 HUTCHISON, David. *Educação Ecológica: idéias sobre consciência ambiental*. Porto Alegre: ArtMed, 2000.
- 70 IMENES, Luiz Márcio. *Alfabetização Matemática*. Encontro Gaúcho de Educação Matemática, 2. Anais. Porto Alegre, out. 1993.
- 71 JANNUZZI, Gilberto de Martino; SWISHER, Joel N. P. *Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis*. Campinas: Autores Associados, 1997.
- 72 KASSAS, M.; POLUNIN, N. *Los Tres Sistemas y el Ser Humano*. [s.l.]: Env.Cons., 1989.
- 73 KILPATRICK, Jeremy; GÓMEZ, Pedro; RICO, Luis. *Educación Matemática*. México: Iberoamérica, 1995.
- 74 KLEIMAN, Ângela B.; MORAES, Sílvia E. *Leitura e Interdisciplinaridade: tecendo redes nos projetos da escola*. Campinas: Mercado das Letras, 1999.
- 75 KLÖTZLI, Stefan. *Sustainable Development: a disputed concept*. Berna: Swiss Federal Institute of Technology, 1992.
- 76 LEFF, E. (Coord.) . *Ciências y Formación Ambiental*. Barcelona: UNAM, 1995.
- 77 LEITE, Antônio Dias. *A Energia no Brasil*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.
- 78 LELLIS, Marcelo; IMENES, Luiz Márcio P. *O Ensino de Matemática e a formação do Cidadão*. Temas e Debates, ano VII, n. 5, 1994.
- 79 LEVI, Franco. *Compreensão Evolutiva dos Conceitos em Educação e Ciência Ambiental*. São Paulo: USP, 1992.
- 80 LORENZATO, Sérgio; VILA, Maria do Carmo. *Século XXI: qual matemática é recomendável*. **Revista Zetetiké**, Unicamp, v. 1, n. 1, p. 41-49, mar. 1993.
- 81 LORENZO, E. *Electricidad Solar Fotovoltaica*. Madrid: Universidad Politécnica, 1992.
- 82 LOUREIRO, Tânia Regina dos Reis. *Radiação Solar Direta em Porto Alegre*. Porto Alegre: UFRGS, Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia. Programa de Pós-graduação

em Engenharia da Energia, Metalurgia e dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1984.

83 LUTZENBERGER, José. *Energia Solar: alternativas para o desenvolvimento*. Ciclo de Debates da Comissão de Obras Públicas da Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: [s.e.], 1978.

84 MARTINS, Mariella Froner. *Da Matemática Tradicional à Educação Matemática*. Encontro Nacional de Educação Matemática, 6. São Leopoldo, jul. 1998.

85 MASCARO, Lucia Elvira Alicia Raffo de. *Energia na Edificação: estratégia para minimizar seu consumo*. 2. ed. São Paulo: Editores Associados, 1991.

86 MAYCOCK, P. D., *PV News*, v. 16, 1997.

87 \_\_\_\_\_. *PV News*, v. 18, 1999.

88 MAZZOTTI, T. B. *Elementos para a introdução da dimensão ambiental na educação escolar – 2º grau*. Brasília: IBAMA, 1994.

89 MCVEIGH, J. Cleland. *Sun Power: a introduction to the applications of solar energy*. Oxford: Pergamon Press, 1979.

90 MEDINA, Naná Mininni; SANTOS, Elizabeth da Conceição. *Educação Ambiental: uma metodologia participativa de formação*. Petrópolis: Vozes, 1999.

91 MIGUEL, Antônio. *Reflexões Acerca da Matemática Contemporânea*. A Educação Matemática em Revista. Blumenau, v. 1, n. 2, p. 53-60, 1994.

92 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. *Carta Brasileira para Educação Ambiental. Workshop de Educação Ambiental*. Rio de Janeiro: [s.e.], 1992.

93 \_\_\_\_\_. *Parâmetros Curriculares Nacionais. Ensino Médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: [s.e.], 1999.

94 MOREIRA, M. A. *Ensino e Aprendizagem: enfoques teóricos*. São Paulo: Moraes, 1985b.

95 MORÍN, Edgar. *Ciência com Consciência*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

96 MOYSÉS, Lúcia. *Aplicações de Vygotsky à Educação Matemática*. Campinas: Papirus, 1997.

97 NOVO MARIA. *El Análisis de los Problemas Ambientales: modelos y metodología*. Madrid: Fundación Universidad Empresa, 1995.

98 PALZ, Wolfgang. *Energia Solar e Fontes Alternativas*. São Paulo: Hemus, 1995.

99 PARDO DÍAZ, Alberto. *Educação Ambiental como Projeto*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

- 100 PARDO DÍAZ, A. y otros. *Respuesta Educativa a la Crisis Ambiental*. Madrid: CIDE, 1990.
- 101 PERRENOUD, Philippe. *Construir as Competências desde a Escola*. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- 102 POSTMAN, N. *The End of Education: redefining the value of school*. New York: Knopf, 1995.
- 103 PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. *A Nova Aliança*. Brasília: UNB, 1997.
- 104 REIGOTA, Marcos. *Meio Ambiente e Representação Social*. 3. ed. São Paulo: Cortez, 1998.
- 105 \_\_\_\_\_. *Educação Ambiental, Cidadania e Criatividade*. Campinas: Unicamp, 1991.
- 106 RIBAS, Otto (Org). *Agenda 21 Brasileira: ações prioritárias*. V. 2. Brasília: MMA/PNUD, 2002.
- 107 ROVERE, Emílio L. de La. *Energia: atuação e tendências*. Rio de Janeiro: Arpo, 1994.
- 108 SABADY, P. R. . *A Energia Solar na Habitação*. 2. ed. [s.l.]: CETOP, 1979.
- 109 SABARAENSE, Neide Cristina. *Experiências Matemáticas e PCN's: uma discussão sobre suas relações e contribuições para possíveis mudanças na prática docente*. Encontro Nacional de Educação Matemática, 6. São Leopoldo, jul. 1998.
- 110 SACHS, Ignacy. *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. São Paulo: Vértice, 1986.
- 111 SANTOS, Marcelo Câmara dos. *A Matemática dos Problemas ou o Problema da Matemática?* Encontro Nacional de Educação Matemática, 6. São Leopoldo, jul. 1998.
- 112 SATO, M; SANTOS, J. E. *Agenda 21 em Sinopse*. São Carlos: UFSCar, 1996.
- 113 SAUVÉ, L. *Environmental Education and Sustainable Development: a further appraisal*. In: **Canadian Journal of Environmental Education**, V. 1, 7-34, 1996.
- 114 SCANDURRA, Enzo. *Los Nuevos Terminos de la Cuestion Ambiental: informe Brundtland y desarrollo sustentable*. Congresso Internacional de Energia, Ambiente e Inovação Tecnológica, 3. Caracas, 1996.
- 115 SCARLATO, Francisco C.; PONTIN, Joel A. *Energia para o Século XXI*. São Paulo: Ática, 1998.
- 116 SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. *Padrão Referencial de Currículo: Matemática*. 1ª versão. Porto Alegre: [s.e.], 1998.
- 117 \_\_\_\_\_. *Padrão Referencial de Currículo: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Ensino Médio: Matemática e Física. Porto Alegre: [s.e.], 1998.

- 118 SERRES, Michel. *O contato natural*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1990.
- 119 \_\_\_\_\_. *Filosofia Mestiça*. São Paulo: Brasiliense, 1991.
- 120 SIEMENS. *Energia Solar Fotovoltaica*. Revista anual. [s.l.]: [s.d.], 1999.
- 121 SILVA, Maria Regina G. da. *Concepção Didático-pedagógica do Professor/Pesquisador em Matemática e seu Fundamento na Sala de Aula de Matemática*. Rio Claro, 1993. Dissertação de Mestrado, UNESP.
- 122 SILVA, Mário Adelmo. *Meteoro*. Versão 9.0. Software. Recife: UFPE, 1992.
- 123 SILVEIRA, J. F. Porto da. *Usando o Passado para Entender o Presente*. Encontro Gaúcho de Educação Matemática, 2. Anais. Porto Alegre, out. 1993.
- 124 SOARES, Eliana M. do Sacramento. *Representação Matemática de Situações Reais: uma maneira de ensinar de forma mais significativa*. Encontro Nacional de Educação Matemática, 6. São Leopoldo, jul. 1998.
- 125 SOUZA, Nelson Mello e. *Educação Ambiental: dilemas da prática contemporânea*. Rio de Janeiro: Thex, 2000.
- 126 STENGERS, I. *Quem tem medo da ciência?* São Paulo: Siciliano, 1990.
- 127 STERLING, S. *Environment, Development and Education: towards a holistic view*. Londres: WWF, 1990.
- 128 STONER, Carol Huppig. *A Produção da Sua Própria Energia II: manual prático de energias renováveis*. Lisboa: CETOP, 1974.
- 129 STRAHLER, Arthur N.; STRAHLER, Alan H.. *Modern Physical Geography*. 3. ed. New York: John Wiley, 2000.
- 130 STREN, R.; WHITE, R.; WHITNEY, J. *Sustainable Cities*. Oxford: Westview, 1992.
- 131 TEIXEIRA, M. C. S. *Antropologia, Cotidiano e Educação*. Rio de Janeiro: Imago, 1990.
- 132 TIEZZI, Enzo; MARCHETTINI, Nadia. *Sustainable Development: a challenge based on renewable energies and appropriate technologies*. V. 3. Proceedings of the 3rd International Congress Energy, Environment and Technological Innovation. Caracas, 1995.
- 133 TILBURY, Daniella. *Environmental Education for Sustainability*. **Environmental Education Research**, 1 (2), p. 195-212, 1995.
- 134 TORRES SANTOMÉ, Jurjo. *Globalización e Interdisciplinarietà*. Madrid: Morata, 1996.
- 135 TRAJBER, Raquel; COSTA, Larissa B (Org.). *Avaliando a Educação Ambiental no Brasil: materiais audiovisuais*. São Paulo: Peirópolis, 2001.

- 136 TRAJBER, Raquel; MANZOCHI, Lúcia H. *Avaliando a Educação Ambiental no Brasil: materiais impressos*. São Paulo: Gaia, 1996.
- 137 TRELLEZ y otros. *De Estocolmo a Río de Janeiro*. Santa Fé de Bogotá: SECAB, 1993.
- 138 TUBELIS, Antônio; NASCIMENTO, Fernando José Lino do. *Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras*. São Paulo: Nobel, 1992.
- 139 TWIDELL, J.; WEIR, T. *Renewable Energy Resources*. London: Spon, 1990.
- 140 UICN; PNUMA; WWF. *Cuidando do Planeta Terra: uma estratégia para o futuro da vida*. Sumário. São Paulo: CL-A Cultural, 1991.
- 141 UNESCO/PNUMA. *La Educación Ambiental: las grandes orientaciones de la Conferencia de Tbilisi*. Paris: UNESCO, 1980.
- 142 VÁZQUEZ, Manuel; MORÁN, Jorge Carlos. *Energias Limpas em Progreso*. V. 1. Congreso Iberico de Energia Solar, 7. Asociacion Española de Energia Solar e International Solar Energy Society. Vigo, 1994.
- 143 ZABALA, Antoni. *A Prática Educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- 144 ZILBERMAN, Isaac. *O Papel da Energia Solar no Balanço Energético Nacional*. Seminário de Arquitetura Bioclimática, RJ, 1983. Trabalhos. SP, Conselho Estadual de Energia do Estado de São Paulo, maio de 1985.
- 145 ZÓN, Nora M. *Análisis a priori de una situación sobre recurrencia*. 1º Simposio de Educación Matemática. Chivilcoy, Buenos Aires, Argentina, 20-22, mayo, 1999.

## **ANEXOS**

**ANEXO A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DO TEMA GERADOR ENERGIA SOLAR NAS AULAS DE MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO USANDO A METODOLOGIA DE PROJETOS.**

O objetivo deste questionário é averiguar as opiniões dos professores em relação ao projeto desenvolvido para as aulas de Matemática, utilizando o tema Energia Solar.

Expresse a sua opinião livremente, não é necessário assinar o questionário.

O questionário está dividido em duas partes, uma delas você assinalará conforme os critérios abaixo e a segunda, descreverá sua opinião conforme as questões abertas que seguem ao final.

Abaixo de cada afirmação, existe uma escala na qual você deverá assinalar a alternativa que melhor expressa sua opinião sobre a mesma, conforme o código seguinte:

CP	CONCORDO PLENAMENTE
C	CONCORDO
I	INDECISO OU INDIFERENTE
D	DISCORDO
DT	DISCORDO TOTALMENTE
Sempre que possível, evite a alternativa I.	

Questões pessoais:

Nome da instituição de ensino:
Sexo:
Idade:
Tempo de atuação docente:
Maior titulação:

Leia com atenção cada afirmativa antes de expressar a sua opinião.

Quanto às atividades sugeridas:

1 – São de fácil compreensão.

CP C I D DT

2 – A linguagem utilizada é compreensível.

CP C I D DT

3 – Motivam para a resolução.

CP C I D DT

4 – As estratégias de resolução são adequadas ao Ensino Médio.

CP C I D DT

5 – Os dados para a resolução necessitam de investigação.

CP C I D DT

6 – Valorizam estratégias informais e resultados dos alunos.

CP C I D DT

7 – Os problemas exigem raciocínio.

CP C I D DT

8 – Levam a novos conhecimentos.

CP C I D DT

9 – Facilitam a compreensão de fenômenos que acontecem diariamente.

CP C I D DT

10 – Contribuem para uma aprendizagem mais significativa.

CP C I D DT

11 – São muito diferentes do trabalho que estou habituado(a) a realizar.

CP C I D DT

12 – O conteúdo não despertou interesse.

CP C I D DT

Quanto ao projeto:

13 – Este projeto possibilita a integração da Matemática com a realidade do aluno.

CP C I D DT

14 – Este projeto é significativo para uma melhor compreensão da Matemática e dos objetivos de seu ensino.

CP C I D DT

15 – Este projeto estimula uma participação mais efetiva dos alunos nas aulas de Matemática.

CP C I D DT

16 – Este projeto contribui para a conscientização de problemas ambientais e energéticos e a internalização da Energia Solar como possível solução.

CP C I D DT

17 – Este projeto estimula o exercício da cidadania nos alunos.

CP C I D DT

18 – Este projeto estimula o interesse pela ciência em geral.

CP C I D DT

19 – Este projeto pode ser implementado na disciplina de Matemática no Ensino Médio.

CP C I D DT

20 – Este projeto pode ser implementado em conjunto com outras disciplinas.

CP C I D DT

Escreva as respostas de forma clara e objetiva:

1 – A proposta apresentada é válida e viável? Justifique.

---

---

---

---

2 – Cite aspectos positivos deste projeto.

---

---

---

---

3 – Cite aspectos negativos deste projeto.

---

---

---

---

4 – Apresente sugestões que possam contribuir para o enriquecimento do projeto.

---

---

---

---

Desde já agradeço a sua colaboração.

**ANEXO B – SOFTWARE METEORO**