

# **Meio Ambiente e Saúde**

# **GESTÃO AMBIENTAL – ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ENERGIA ALTERNATIVA NO COLÉGIO MILITAR DE SALVADOR**

José Carlos da Costa<sup>1</sup>

Resumo. Atualmente, vários setores da sociedade estão buscando formas de diminuir as agressões ao meio ambiente, por meio de um desenvolvimento econômico sustentável. Entre as principais preocupações desses setores encontra-se a busca de fontes de energia alternativa que não interfiram no meio ambiente ou que tenham os seus efeitos reduzidos, e que possam gerar um retorno econômico à organização, para complementar ou substituir as atuais fontes de energia – combustíveis fósseis e nucleares. Como Instituição de grande credibilidade e pioneira na busca de soluções para os problemas do país, o Exército Brasileiro precisa contribuir para a substituição das fontes de energias atuais por meio de pesquisas e projetos relevantes, uma vez que possui profissionais qualificados e especializados em várias áreas de atuação e controla um grande número de organizações militares, onde podem ser realizados estudos e testes práticos sobre a viabilidade de projetos de implantação de sistemas de energia alternativa. Como objetivo geral, este trabalho pretendeu verificar a relação custo benefício da implantação de um sistema de aproveitamento de energia alternativa no Colégio Militar de Salvador (CMS). A metodologia empregada constituiu-se de pesquisa descritiva e aplicada. Como instrumento de coleta de dados, foi realizado o levantamento do consumo de energia elétrica no CMS nos anos de 2007, 2008 e 2009; e a apresentação de orçamentos com os custos necessários para a implantação de sistemas de aproveitamento de energia alternativa, mais precisamente eólico e solar. Após a conclusão, foi verificado que o sistema de captação de energia eólica é viável financeiramente, sem considerar ainda, os benefícios ambientais da utilização de uma energia limpa, por serem mais complexos e difíceis de mensurar.

Palavras-chave: Desenvolvimento econômico sustentável. Fontes de energia alternativa. Contabilidade de custos

Abstract. Nowadays, a great deal of sectors in society is searching for new ways to reduce environmental attacks by using a sustainable economic development. Among the main concerns of these sectors, there's the search

<sup>1</sup> 1º Tenente do Quadro Complementar de Oficiais. Bacharel em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte/MG, Brasil. jcarlosbh@hotmail.com

for alternative energy resources that does not damage the environment or that may have less impact on it, and that may also maximize the institution's economic income, in order to complement or replace the current energy resources – fossil and nuclear fuels. The Brazilian Army, as an institution of great credibility and a pioneer in constant search of solutions to the country's problematic issues, needs to contribute to substitute the current energy resources through major studies and relevant projects, since high qualified and specialized personnel may be found in its staff. Besides, the Brazilian Army controls a huge number of military units, where practical tests and studies about the viability of the implantation of alternative energy systems may be conducted. As a general goal, this research intends to verify the cost effectiveness of the implantation of an alternative energy utility at Colégio Militar de Salvador (CMS). The methodology used in this work is descriptive and applied. As a tool to collect data, an electric energy consumption research in the school before mentioned was done in 2007, 2008 and 2009; and the budget presentation covering all the necessary costs for the implantation of alternative energy systems, more precisely wind and solar energy, as well. After the conclusion, the wind energy capture was considered financially practicable, in spite of the environmental benefits of the use of clean energy as they're more difficult and complex to be measured.

Keywords: Sustainable economic development. Alternative energy resources. Costs accounting.

## 1 Introdução

A questão do meio ambiente vem sendo cada vez mais discutida nos últimos anos. Mudanças de consciência e de comportamento vêm tornando-se necessárias, no sentido de conservar o meio ambiente, ou seja, de encontrar maneiras que possibilitem o crescimento econômico sem agredi-lo, ou reduzir a sua exploração a níveis suportáveis de degradação.

Por longas décadas, as

preocupações com questões ambientais não eram prioridades para as entidades e instituições, pois estas acreditavam que investimentos na conservação do meio ambiente acarretavam a diminuição de lucros e impediam o crescimento econômico.

Porém, a nova conjuntura mundial e pressões exercidas pelos órgãos de comunicação e pela sociedade sobre as entidades e organizações para assumirem suas responsabilidades ambientais fizeram com que seus chefes e

líderes adotassem políticas de controle, preservação e recuperação ambiental, que atualmente são medidas de relevante importância para um desenvolvimento sustentável, ou seja, encontrar maneiras que possibilitem o crescimento econômico sem prejudicar gerações futuras.

Quanto ao desenvolvimento econômico sustentável, buscou-se com o presente trabalho, apresentar uma proposta de utilização de fonte de energia alternativa em conjunto com as fontes de energias atuais, que não agredam o meio ambiente ou tenham os seus efeitos reduzidos, e que possam gerar um retorno econômico à instituição, especificamente, através de um estudo sobre a viabilidade de implantação de um sistema de energia alternativa no Colégio Militar de Salvador (CMS).

Por se tratar de uma pesquisa científica bibliográfica e de levantamento, os materiais básicos estavam disponíveis no sistema de bibliotecas da Escola de Administração do Exército (EsAEx) e no arquivo das contas de energia elétrica do CMS, em documentações indiretas com

pesquisa bibliográfica extraída de fontes secundárias como: publicações avulsas, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias e nas páginas da Internet.

A definição do tema surgiu com a observação do cotidiano, a relevância do assunto na atualidade e o conhecimento adquirido sobre o assunto em trabalhos realizados anteriormente para conclusão do curso de graduação.

O presente trabalho teve como objetivo geral verificar a relação custo benefício da implantação de um sistema de aproveitamento de energia alternativa no CMS. Dessa forma, pretendeu-se realizar uma comparação do custo atual em KWh no CMS, com o custo em KWh numa implantação do sistema de energia alternativa.

## **2 Visão Ambiental**

Segundo Motta (1995), o meio ambiente pode ser definido como o conjunto de elementos bióticos e abióticos, onde, no primeiro temos os organismos vivos e no segundo, a energia solar, solo, água e ar, que constituem juntos a biosfera, camada da terra caracterizada pela presença dos

seres vivos.

Esse mesmo meio ambiente, também é um recurso significativo para muitas entidades e instituições, e ele tem de ser administrado eficientemente para o benefício de todos – entidades, instituições e sociedade. Mesmo assim, ele continua sendo degradado e seus recursos naturais explorados de forma exagerada, o que vem atraindo cada vez mais a atenção e interesse em todo mundo.

Os avanços ocorridos na área ambiental quanto aos aspectos técnicos, legais e políticos, principais pilares para a construção da estrutura de uma política de meio ambiente, são inegáveis e inquestionáveis. Verificaram-se, nos últimos anos, grandes avanços voltados para a consolidação de práticas e formulação de diretrizes que tratam a questão ambiental de forma ordenada e unificada aos setores da economia.

Dentro do desenvolvimento econômico sustentável, pode-se afirmar que os recursos naturais são utilizados como insumos para os processos de produção, destacando-se principalmente nos processos de produção industrial. As entidades e as instituições

devem conscientizar-se de que estes recursos são esgotáveis e que, se mal utilizados, poderão acabar um dia. Como forma de evitar esse esgotamento dos recursos, o desenvolvimento deve ser voltado para metas de equilíbrio com a natureza e de incremento da capacidade de inovação dos países em desenvolvimento, com maior benefício social e gerenciamento ecológico para minimizar os impactos ambientais.

Em contraposição à ideia de que o aumento da poluição e esgotamento dos recursos naturais são consequências imprescindíveis ao crescimento, são realizados vários estudos relativos a formas alternativas de crescimento econômico menos prejudiciais ao meio ambiente. O surgimento da expressão desenvolvimento sustentável, que de acordo com a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS, 2010), foi criada na década de 80 e definida no Relatório Nosso Futuro Comum da *Brundtland Commission* (Comissão Mundial para Meio Ambiente e Desenvolvimento) como “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do

presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer as suas próprias necessidades”.

Investidores em todo o mundo, preocupados com a responsabilidade social e ambiental, provocaram o surgimento de um novo tipo de entidade no cenário internacional. Essas entidades são responsáveis e preocupadas com questões ambientais, incluindo em seus planejamentos estratégicos aspectos muito mais abrangentes do que as tradicionais metas econômico-financeiras. São entidades preocupadas com sua inserção no meio onde operam, que buscam levar em conta necessidades e preocupações de todos os seus públicos de interesse – clientes, empregados, comunidades, governo, parceiros e fornecedores.

### **3 Características dos sistemas de aproveitamento de energia alternativa**

Há mais de dois séculos, nossos antepassados dependiam inteiramente de fontes naturais de energia. Animais eram utilizados para puxar arados, moinhos de

vento trituravam os grãos e a principal força motora da sociedade era o músculo humano. Com surgimento de novas tecnologias e a necessidade de aumentar a produção, a sociedade foi obrigada a substituir a força muscular por máquinas com maior rendimento, que necessitavam de uma quantidade maior de energia para seu funcionamento. Dessa forma, surgiram os combustíveis fósseis, que foram responsáveis pelo funcionamento e sucesso das indústrias que impulsionaram as revoluções industriais dos países desenvolvidos, e posteriormente, de alguns países em desenvolvimento.

Atualmente, o sistema energético mundial concentra-se em dois grupos de combustíveis: os fósseis – carvão, petróleo e gás; e os nucleares. Segundo Tavares (2003), este sistema está exaurindo-se por três razões principais:

- ninguém pode negar que as reservas dos combustíveis fósseis são finitas;
- não existe, atualmente, uma solução para a destinação dos resíduos das usinas nucleares, agravando ainda mais a poluição ao meio ambiente; e

- estudos comprovam que se for mantido o ritmo na queima destas reservas, a atmosfera da terra pode não suportar, atingindo diretamente os seres vivos.

Para Tavares (2003), o limite ecológico do sistema energético poderá ser atingido antes de esgotar todas as reservas fósseis atuais. Toda humanidade precisa quebrar o mito de que as energias renováveis serão sempre energias complementares às energias fósseis e nucleares, como se a vida sem tais combustíveis fosse improvável.

Segundo Tavares (2003), o Brasil é um dos países que detém as melhores condições para liderar esta transição do sistema energético fóssil e nuclear atual para um sistema baseado totalmente em energias renováveis. Mesmo que esta mudança não signifique, num primeiro momento, ônus econômico para o Brasil, ela poderá ser uma oportunidade única para o país desenvolver uma forte indústria na área de energias renováveis, não só para atender ao seu mercado interno, mas também para atender ao grande mercado mundial dessa nova tecnologia, contribuindo para melhorar sensivelmente as condições

ambientais do mundo.

### **3.1 Aspectos dos sistemas de aproveitamento de energia eólica**

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2002), a energia eólica é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento, ou seja, nos ventos. Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cataventos e moinhos, para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água.

Assim como a energia hidráulica, a energia eólica é utilizada há milhares de anos com as mesmas finalidades – bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. A utilização na geração de eletricidade ocorreu no final do século XIX, mas somente um século depois, com a crise internacional do petróleo, na década de 70, é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o

desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial.

Segundo a ANEEL (2002), recentes desenvolvimentos tecnológicos – como os sistemas avançados de transmissão, uma melhor aerodinâmica, as estratégias de controle e a operação das turbinas – têm reduzido custos e melhorado o desempenho e a confiabilidade dos equipamentos. O custo elevado dos equipamentos, que era um dos principais entraves ao aproveitamento comercial da energia eólica, reduziu-se significativamente nas últimas duas décadas.

Segundo a ANEEL (2002, p. 63), “a avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre velocidade e regime de ventos.” Mesmo que uma avaliação rigorosa possa requerer levantamentos específicos, os dados coletados em aeroportos, estações meteorológicas e outras aplicações similares podem fornecer uma primeira estimativa do potencial bruto ou teórico de aproveitamento da energia eólica. “Para que a energia eólica seja considerada

tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a  $500 \text{ W/m}^2$ , a uma altura de 50 metros; o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s.” (GRUBB; MEYER, 1993 *apud* ANEEL, 2002, p. 64).

Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, em apenas 13% da superfície terrestre, o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m, e essa proporção varia muito entre regiões e continentes.

Os primeiros estudos sobre o potencial eólico brasileiro foram feitos na Região Nordeste, principalmente nos estados do Ceará e em Pernambuco. Com o apoio da ANEEL e do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) publicou, em 1998, a primeira versão do Atlas Eólico da Região Nordeste. Com o auxílio de modelos atmosféricos e simulações realizadas em computadores, foram feitas estimativas para todo o país, dando origem a uma versão preliminar do Atlas Eólico Brasileiro, que deu origem ao Atlas Eólico Brasileiro atual (CRESESB,



2010), conforme apresentado na Figura 1. Segundo esses resultados, os melhores potenciais estão no litoral das regiões Norte e Nordeste, onde a velocidade média do vento, a 50 m do solo, é

superior a 8 m/s. Entre outras regiões com grande potencial eólico, destacam-se o Vale São Francisco, o Sudoeste do Paraná e o Litoral Sul do Rio Grande do Sul, conforme a Figura 1.

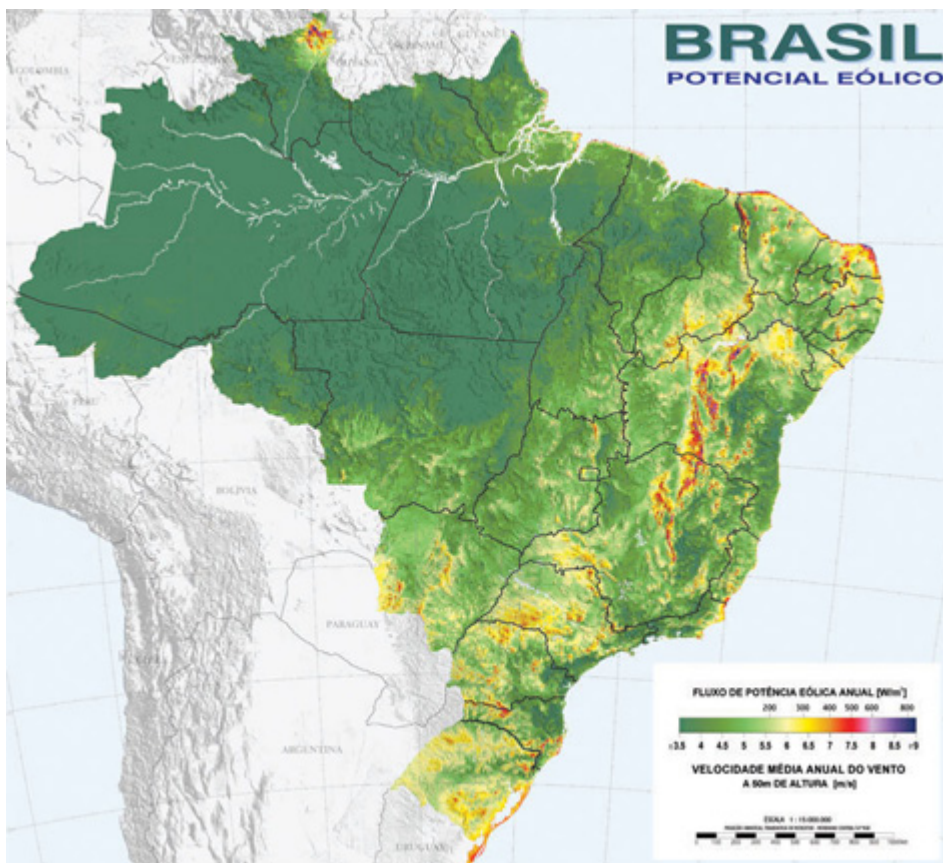


Figura 1 – Potencial eólico brasileiro  
Fonte: CRESESB (2010), disponível em <http://www.cresesb.cepel.br>

Entre os principais impactos socioambientais de usinas eólicas, destacam-se os sonoros e os

visuais. Os impactos sonoros ocorrem devido aos ruídos dos rotores e variam de acordo com as

especificações dos equipamentos. A fim de evitar transtornos à população vizinha, o nível de ruído das turbinas deve atender às normas e padrões estabelecidos pela legislação vigente.

Segundo a ANEEL (2002), os impactos visuais são decorrentes do agrupamento de torres e aerogeradores, principalmente no caso de centrais eólicas com um número considerável de turbinas, também conhecidas como fazendas eólicas. Os impactos variam de acordo com o local das instalações, o arranjo das torres e as especificações das turbinas.

Outros impactos negativos das centrais eólicas podem ser destacados, como a possibilidade de interferências eletromagnéticas, que podem causar perturbações nos sistemas de comunicação e transmissão de dados – rádio, televisão e outros – em determinadas regiões; e a possibilidade de interferência nas rotas de aves, que deve ser devidamente considerada nos estudos e relatórios de impactos ambientais (EIA/RIMA).

Segundo Walisiewicz (2008), atualmente, o valor da energia eólica é indiscutível, uma vez que hoje em dia é mais barato gerar

eletricidade com o vento do que com as usinas nucleares ou movidas a carvão. Estudos recentes comprovam que ela poderá crescer aproximadamente 25% ao ano.

O Estado da Bahia ocupa a porção mais meridional da região Nordeste do Brasil. É o quinto estado brasileiro em área territorial, com 567.295,03 km<sup>2</sup>, onde vive uma população de aproximadamente 14 milhões de pessoas. O território baiano situa-se entre as latitudes 18°20'07"S e 8°32'00"S, e entre as longitudes 46°36'59"W e 37°20'37"W. Seus pontos extremos abrangem distâncias de 1.013 km no sentido Leste-Oeste, e 1.088 km no sentido Norte-Sul.

Segundo a Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA, 2002), o Estado da Bahia se encontra na região de transição entre distintos regimes de ventos: mais ao norte atuam os ventos alísios – que convergem para a depressão barométrica equatorial, e mais ao sul predomina a dinâmica da interação entre o centro de altas pressões e as incursões de massas polares. Seguindo para o leste, a faixa atlântica da Bahia possui uma área extensa, sem grandes elevações e

com uma densa cobertura vegetal; na parte central do Estado, surgem chapadões de orientação norte-sul, bastante elevados e onde ocorrem algumas importantes áreas de baixa rugosidade; das chapadas, o relevo desce até o vale do Rio São Francisco, para em seguida subir suavemente para o extremo oeste, onde se encontra uma extensa área plana com altitudes próximas a 1.000 m, recoberta por agricultura intensiva e pouco rugosa. Ao longo da extensão litorânea da Bahia, o relevo não constitui obstáculo à progressão dos ventos e brisas marinhas, pois predominam altitudes inferiores e em raros locais a altitude ultrapassa 300 m. Entretanto, ao longo de uma ampla faixa junto à costa, ocorre a predominância de uma vegetação mais densa e relativamente alta que reduz a intensidade dos ventos médios de superfície.

A cidade de Salvador encontra-

se localizada geograficamente na latitude 12° 58' 16" S (12,971111° S) e longitude 38° 30' 39" W (38,510833° W). De acordo com as informações contidas no Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, levantadas através do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB, 2010), e apresentadas na Tabela 1, verifica-se que o potencial eólico da cidade está próximo do valor mínimo necessário. Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, a uma altura de 50 metros, ela requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s, e, na região da grande Salvador, ela atinge no máximo uma velocidade de 6,45 m/s, em determinados locais e meses do ano, dependendo assim, de um estudo mais detalhado da posição geográfica da construção das torres.

**TABELA.1 – POTENCIAL EOLICO – SALVADOR-BA**

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro			Dados de Vento Sazonal a 50 m de Altura				
Grandez a	Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Dez-Fev	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov
velocidade	12,970088°S	38,518132°O	0,7999	5,5911	4,8203	4,8937	5,4168
fator k	12,995445°S	38,478287°O	4,4499	2,9462	2,4237	2,7871	2,7313
fator c	12,988986°S	38,476833°O	4,1907	6,2808	5,6667	5,6079	6,4531

Fonte: CRESESB (2010)

### **3.2 Aspectos dos sistemas de aproveitamento de energia solar**

Segundo Aldabó (2002), a energia solar é uma excelente fonte de eletricidade para telecomunicações, iluminação, televisores, microondas, computadores, ventiladores, telefones e eletrônicos. Dessa forma, verifica-se que a maioria dos aparelhos utilizados no CMS teria um excelente desempenho empregando-se esse tipo de fonte de energia.

Ainda, segundo Aldabó (2002), atualmente existem três processos de aproveitamento da energia solar:

a) processo térmico – possibilita o aproveitamento da energia mediante forno solar parabólico, como gerador de vapor d'água, na transformação em energia elétrica e mecânica, no aquecimento de ambientes, na refrigeração, na evaporação e na destilação;

b) processo elétrico – aproveitamento do processo de transformação direta da energia solar em energia elétrica, utilizado no processo fotovoltaico e em gerador termelétrico; e

c) processo químico –

aproveitamento do processo bioquímico na fotólise e na fotossíntese.

Segundo Walisiewicz (2008), muitos cientistas e pesquisadores acreditam que o aproveitamento da energia solar se tornará a fonte de energia mais importante no longo prazo. Em parte, devido à sua ubiquidade – ao contrário da energia proveniente do vento, das ondas ou das marés, economicamente viável apenas em locais favoráveis, a energia solar está em toda parte. Ela pode ser aproveitada até mesmo em regiões temperadas, continuamente cobertas por nuvens, e pode ainda, ser captada por aparelhos de pequeno porte, liberando a população da dependência de centrais de fornecimento de energia.

O processo fotovoltaico é constituído das células fotoelétricas ou fotovoltaicas que são uma fonte de energia compacta e durável, porém cara. A maioria das células é feita de cristal de silício misturado a impurezas para mudar a maneira como conduz a eletricidade.

Dessa forma, a energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade.

A utilização de fotocélulas foi decisiva para os programas espaciais. Com este impulso, houve um avanço significativo na tecnologia fotovoltaica, onde se aprimorou o processo de fabricação, a eficiência das células e seu peso. Com a crise mundial de energia da década de 70, a preocupação em estudar novas formas de produção de energia fez com a utilização de células fotovoltaicas não se restringisse somente aos programas espaciais, mas que fossem estudados e utilizados no meio industrial e comercial para suprir o fornecimento de energia.

Inicialmente, o custo elevado das células fotovoltaicas era um dos fatores que impossibilitava a utilização da energia solar fotovoltaica em larga escala.

Atualmente, os sistemas fotovoltaicos vêm sendo utilizados em instalações remotas do território brasileiro e em parques ecológicos, possibilitando o emprego em projetos sociais, agropastoris, de comunicações e irrigação. As vantagens de um sistema fotovoltaico tais como – baixos custos de manutenção e vida útil longa – fazem com que sejam de grande importância para

instalações localizadas em regiões inóspitas, desprovidas da rede elétrica.

Segundo o CRESESB (2010), as células fotovoltaicas são fabricadas, na sua grande maioria, usando o silício (Si), podendo ser constituída de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo.

Um sistema fotovoltaico pode ser classificado em três categorias distintas – sistemas isolados, híbridos e conectados à rede, de acordo com o CRESESB (2010). Estes sistemas obedecem a uma configuração básica onde o sistema deverá ter uma unidade de controle de potência e também uma unidade de armazenamento.

#### **4 Custos de implantação do sistema de aproveitamento de energia alternativa**

Após levantamento realizado junto às empresas que atuam na implantação de sistemas de aproveitamento de energia alternativa, serão apresentados, ao longo deste capítulo, os valores para este projeto conforme os orçamentos destas empresas.

A empresa Ecolight Energia Alternativa<sup>2</sup> apresentou um projeto que utiliza apenas o sistema solar, conforme

Tabela 2 para conexão à rede, tendo 7.000 KWh/mês de potência total instalada.

**TABELA 2 – ORÇAMENTO DA EMPRESA ECOLIGHT ENERGIA ALTERNATIVA PARA INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NO CMS**

Item	Qtde	Descrição	Preço Unitário	Preço Total
01	490	Painel de 170 W	R\$ 3.300,00	R\$ 1.617.000,00
02	54	Controladores de carga	R\$ 1.920,00	R\$ 103.680,00
03	340	Bateria estacionária de 185 Ah	R\$ 980,00	R\$ 333.200,00
04	25	Inversores de corrente especial de 10.000 W	R\$ 18.000,00	R\$ 450.000,00
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>R\$ 2.503.880,00</b>

Fonte: Ecolight Energia Alternativa (2010)

Segundo análise da empresa, se o consumo médio mensal dos últimos três anos do CMS é de 7.000 KWh, ele terá um consumo de 233 KWh (233.000 Wh) ao dia. Para suprir esta demanda, o projeto precisa gerar também uma potência de 233.000 Wh ao dia. Usando o painel solar de 170 W, que gera por dia 528 W, e ao dividir 233.000 W por 528 W e pelo fator de correção 0,9 – encontra-se uma quantidade de 490 painéis de 170 W. Desta forma, será gerada uma carga de 258.720 Wh ao dia (490 x 528 W), superior a carga necessária para atender o consumo do CMS.

A empresa ENERSUD Indústria e Soluções Energéticas Ltda<sup>3</sup> apresentou um projeto que utiliza apenas o sistema eólico, conforme Tabela 3, para conexão à rede, tendo 864 KWh/mês de potência instalada em cada aerogerador, sendo que um total de 8 aerogeradores atenderia à demanda mensal de 6.912 KWh/mês do CMS.

<sup>2</sup> Ecolight Energia Alternativa – Empresa que comercializa equipamentos para sistemas de energia solar, com sede em Ilhéus/BA ([www.ecolightenergia.com.br](http://www.ecolightenergia.com.br)). Relacionada no guia de instituições e empresas do CRESESB.

<sup>3</sup> ENERSUD Indústria e Soluções Energéticas Ltda – Empresa que comercializa equipamentos para sistemas de energia eólica, com sede em Niterói/RJ ([www.enersud.com.br](http://www.enersud.com.br)). Relacionada no guia de instituições e empresas do CRESESB.

**TABELA 3 – ORÇAMENTO DA ENERSUD INDÚSTRIA E SOLUÇÕES ENERGÉTICAS LTDA PARA INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO CMS**

<b>ITENS – ENERSUD (Opção com 1 Verne 555)</b>	<b>Qtde.</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Total</b>
Aerogerador 6000w – 120v + controlador de carga.	0	R\$ 29.500,00	R\$ 29.500,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>R\$ 29.500,00</b>
<b>ITENS – Comércio Local – (Valores aproximados)</b>	<b>Qtde.</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Total</b>
Cabo Elétrico Trifásico PP 10mm	30 m	R\$ 16,00	R\$ 480,00
Tubo Preto 6" Din 2440 (torre)	01	R\$ 7.000,00	R\$ 7.000,00
Tubo Preto 4" Din 2440	02	R\$ 500,00	R\$ 1.000,00
Bateria Estacionária 12v - 150ah	10	R\$ 750,00	R\$ 7.500,00
Inversor dc – ac 120v - 5.000w	01	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00
Cabos de Aço e Acessórios para Torre	01	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
Transportadora	01	R\$ 2.800,00	R\$ 2.800,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>R\$ 26.780,00</b>
<b>TOTAL DO SISTEMA</b>			<b>R\$ 56.280,00</b>

Fonte: ENERSUD Indústria e Soluções Energéticas Ltda (2010)

Segundo a ENERSUD, os aerogeradores são projetados para uma determinada faixa de variação da velocidade do vento, geralmente entre 4 a 30 m/s. Acima desta faixa, os componentes como gerador, pás, passam a atuar com sobrecarga, reduzindo a sua vida útil de 15 anos – em condições normais. Abaixo da faixa, não é viável gerar energia. Como a velocidade média do vento em Salvador é de aprox. 6,5 m/s, a instalação dos aerogeradores seria viável.

De acordo com as informações técnicas da ENERSUD, fisicamente, pode-se retirar no máximo 45% da potência contida no vento, mas, além disso, deve-se considerar algumas perdas, pois

nenhum aerogerador retira 100% de potência dos 45% que nos é permitido pela física. Deve-se abater outras perdas aerodinâmicas, elétricas, resistivas e de qualidade do vento. Quanto à qualidade do vento, o nosso Mapa Eólico Nacional tem algumas limitações que introduz mais outra perda, pois a precisão dele é de 1km<sup>2</sup> por 1km<sup>2</sup> e a altura mínima é de 50 metros, e para instalar os aerogeradores com 12 metros de altura, é necessário também reduzir a média de vento apresentada no Mapa Eólico, pois a instalações de pequenas turbinas a 50 metros é economicamente inviável.

Portanto, de forma prática, uma turbina eólica modelo Verne



555 de 6.000W fornecerá, de forma contínua, no máximo 20% de sua potência nominal, ou seja, 1.200W. Com este dado, pode-se então multiplicar 1.200W pelas 720 horas do mês, gerando 864 kWh/mês, que é a produção estimada mensal deste aerogerador de 6.000W, em locais com média de vento anual acima de 6m/s.

Os equipamentos fornecidos pela ENERSUD possuem garantia de 24 meses e um tempo de vida útil de 15 anos, com funcionamento em condições normais.

## 5 Levantamento do consumo de energia elétrica do Colégio Militar de Salvador

Por ser um estabelecimento de ensino tradicional no país, o Colégio Militar de Salvador tem como objetivo proporcionar o ensino de qualidade nos níveis fundamental e médio a dependentes de militares e civis da grande Salvador. Atualmente, ele possui aproximadamente 840 alunos matriculados, desde o 6º ano do ensino fundamental ao 3º ano do ensino médio.

Com aproximadamente trinta salas de aula em funcionamento, o CMS utiliza todo o pavilhão com

entrada pela Rua das Hortênsias, sendo o 3º ano do ensino médio, com um número de três salas, instalada no pavilhão da Escola de Administração do Exército (EsAEx).

Por meio de consulta junto ao Setor Financeiro da EsAEx/CMS, foi possível realizar o levantamento do consumo em R\$ de energia elétrica do CMS nos anos de 2007, 2008 e 2009, apresentado na Tabela 4 – Consumo de Energia Elétrica do CMS no Triênio 2007 – 2009 (Em R\$).

**TABELA 4 – CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DO CMS NO TRIÊNIO 2007 – 2009 (EM R\$)**

ANO	2007	2008	2009
MES	Valor R\$	Valor R\$	Valor R\$
JANEIRO	2.208,19	2.029,72	1.651,95
FEVEREIRO	1.775,94	1.686,82	1.360,22
MARÇO	2.441,82	3.387,01	2.781,25
ABRIL	3.675,86	4.354,78	3.178,42
MAIO	3.774,15	4.293,59	3.424,54
JUNHO	5.278,97	3.646,35	2.843,19
JULHO	4.746,22	3.279,61	2.525,77
AGOSTO	2.585,56	2.189,24	1.943,38
SETEMBRO	2.872,16	3.667,68	2.752,63
OUTUBRO	3.058,13	3.473,79	2.657,37
NOVEMBRO	3.108,80	2.935,08	3.469,75
DEZEMBRO	3.411,77	2.119,28	2.601,35
<b>TOTAL</b>	<b>38.937,57</b>	<b>37.062,95</b>	<b>31.189,82</b>

Fonte: Setor Financeiro da EsAEx/CMS

O Setor Financeiro da EsAEx/CMS forneceu, ainda, o levantamento do consumo em kWh de energia elétrica do CMS, apresentado na Tabela 5 – Consumo de Energia Elétrica do



CMS no Triênio 2007 – 2009 (Em KWh).

**TABELA 5 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DO CMS NO TRIÊNIO 2007 – 2009 (EM KWH)**

ANO	2007	2008	2009
MES	Qtd KWh	Qtd KWh	Qtd KWh
JANEIRO	4.518,61	3.070,83	3.604,23
FEVEREIRO	2.651,15	1.906,24	2.033,80
MARÇO	6.220,77	6.459,68	7.468,90
ABRIL	8.564,30	9.302,10	8.646,75
MAIO	8.094,72	9.468,17	8.920,13
JUNHO	9.857,54	8.304,17	8.410,82
JULHO	8.768,65	8.371,84	7.474,16
AGOSTO	5.230,69	4.528,09	3.933,55
SETEMBRO	7.240,14	8.048,21	7.688,85
OUTUBRO	8.030,66	9.049,95	7.190,58
NOVEMBRO	8.163,49	9.972,04	9.004,68
DEZEMBRO	6.862,51	6.161,13	6.482,42
<b>TOTAL</b>	<b>84.203,23</b>	<b>84.642,45</b>	<b>80.858,87</b>

Fonte: Setor Financeiro da EsAEx/CMS

Com a análise do Gráfico 1 – Consumo de Energia Elétrica no CMS, verifica-se que nos meses com atividades escolares, que correspondem ao período de Março a Novembro, ocorre um aumento considerável do consumo de energia elétrica, devido à utilização das salas de aula e dos equipamentos elétricos, tendo uma redução no mês de julho causado pelas férias do meio do ano.

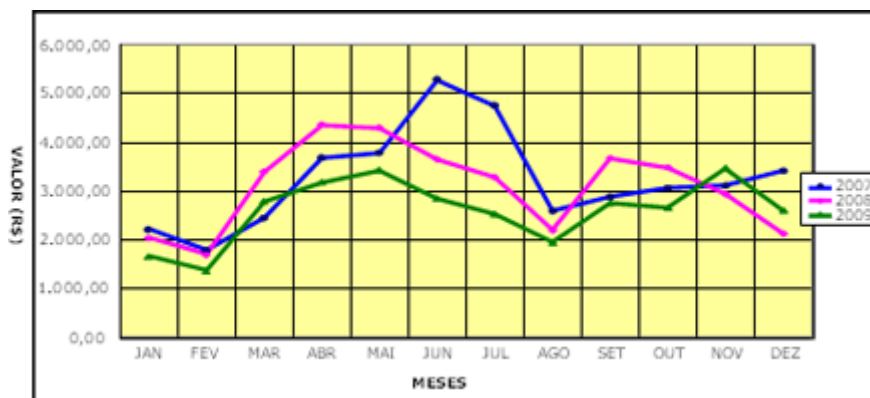


Gráfico 1 – Consumo de Energia Elétrica no CMS (R\$)

Fonte: elaborado pelo autor

Observa-se, ainda, que houve uma redução no consumo de energia ao longo dos anos analisados, sendo que o ano de 2009 apresentou uma redução de

15,85% em relação ao ano de 2008; e que o ano de 2008 apresentou uma redução de 4,81% em relação ao ano de 2007, conforme valores apresentados na

Tabela 4 – Consumo de Energia Elétrica do CMS no Triênio 2007 – 2009.

Ao verificar, também, a média anual do valor kWh, verifica-se uma redução desse valor ao longo dos anos analisados.

## 6 Viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de energia elétrica

Utilizando o período de *payback* de Gitman (2002) como ferramenta para a avaliação das propostas apresentadas, pode-se verificar a viabilidade de cada orçamento.

O orçamento da empresa Ecoligth Energia Alternativa, que utiliza apenas o sistema solar, apresenta os seguintes valores para atender o consumo de energia do CMS:

- Consumo médio anual do CMS em kWh nos 3 últimos anos = 83.234,75 kWh (a);

- Energia gerada com o novo sistema (12 meses x 7.761 kWh) = 93.132,00 kWh (b);

- Consumo médio anual do CMS em R\$ nos 3 últimos anos = R\$ 35.730,11 (c);

- Custo de implantação do novo sistema em R\$ = R\$

2.503.880,00 (d);

- Período de *payback* (d / c) = 70 anos.

Com a apresentação das informações acima, verifica-se que o projeto apresentado pela empresa Ecoligth Energia Alternativa levará aproximadamente 70 anos para cobrir o investimento utilizado na sua implantação, sendo desta forma, inviável.

O orçamento da empresa ENERSUD Indústria e Soluções Energéticas Ltda, que utiliza apenas o sistema eólico, apresenta os seguintes valores para atender o consumo de energia do CMS:

- Consumo médio anual do CMS em kWh nos 3 últimos anos = 83.234,75 kWh (a);

- Energia anual gerada com o novo sistema (12 meses x 8 geradores x 864 kWh) = 82.944,00 kWh (b);

- Participação (%) novo sistema no consumo total anual [(b / a) x 100] = 99,65% (c);

- Consumo médio anual do CMS em R\$ nos 3 últimos anos = R\$ 35.730,11 (d);

- Custo de implantação do novo sistema em R\$ (8 aerogeradores x R\$ 56.280,00) = R\$ 450.240,00 (e);

- Período de *payback* (e / d) = 12,6 anos.

De acordo com as informações acima, verifica-se que o projeto apresentado pela empresa ENERSUD Indústria e Soluções Energéticas Ltda levará, aproximadamente, 13 anos para cobrir o investimento utilizado na sua implantação sendo, desta forma, um investimento viável, uma vez que a vida útil dos seus equipamentos é de 15 anos.

Considerando que o projeto da empresa ENERSUD Indústria e Soluções Energéticas Ltda é o mais viável, deve-se realizar um estudo mais detalhado sobre a instalação das 8 oito torres, com a apresentação de um relatório de impactos ambientais onde serão instalados os aerogeradores.

## 7 Conclusão

O presente trabalho procurou atingir o objetivo geral, ao realizar o levantamento dos dados quanto ao consumo de energia elétrica no CMS, e determinar a relação custo benefício da implantação de um sistema de aproveitamento de energia alternativa.

Dentro dos objetivos específicos, foram apresentados os

aspectos relevantes quanto ao desenvolvimento econômico sustentável, sendo possível verificar as medidas adotadas ao longo das últimas décadas, que interferiram de forma positiva na conservação do meio ambiente. Foram apresentadas, também, as características dos sistemas de aproveitamento de energia eólica e solar, descrevendo suas vantagens e desvantagens.

Após o levantamento do consumo de energia elétrica do CMS, nos últimos anos, e a apresentação de orçamentos de empresas que atuam na busca de fontes de energia alternativa, produzindo e comercializando equipamentos utilizados na captação de energia solar e eólica, foi possível verificar a viabilidade de alguns projetos.

A transformação da energia solar em energia elétrica apresenta grandes perspectivas para o futuro, mas, atualmente, o custo de implantação de equipamentos para captação de energia solar ainda é muito alto, sendo inviável o seu projeto para a situação atual do CMS. Um projeto híbrido, com a utilização de energia solar e eólica, conforme proposta apresentada no trabalho, pode ser estudado com

mais detalhes, uma vez que o retorno do investimento, num estudo inicial, poderia ser alcançado em pouco mais de vinte anos.

Entre as propostas apresentadas, a que utilizou apenas energia eólica mostrou-se mais viável. A utilização de aerogeradores eólicos, conforme proposta da empresa ENERSUD, teria um retorno de investimento num período aproximado de treze anos.

Diante da situação do consumo atual de energia elétrica do CMS, e com as propostas apresentadas, pode-se concluir que a implantação de um sistema de captação de energia eólica é viável financeiramente, sem considerar ainda, os benefícios ambientais da utilização de uma energia limpa, por serem mais complexos e difíceis de mensurar.

Dessa maneira, espera-se que o trabalho apresentado tenha contribuído para conservação do meio ambiente, despertando o interesse do Exército na busca de soluções para os problemas energéticos e ambientais do país.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2002. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro\\_atlas.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf)>. Acesso em: 09 jun. 2010.

ALDABÓ, R. **Energia Solar**. São Paulo: Artliber, 2002. 155p.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO (CRESESB). **Atlas do Potencial Elétrico Brasileiro**. Rio de Janeiro: CRESESB, 2010. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em: 19 jun. 2010.

COELHO, M. A. **Geografia geral**: o espaço natural e sócio-econômico. 3. ed. São Paulo: Moderna, 1992. 320p.

COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA (COELBA). **Atlas do Potencial Eólico do Estado da Bahia**. Salvador: COELBA, 2002. Disponível em: <<http://>

[www.coelba.com.br/  
ARQUIVOS\\_EXTERNOS/  
O%20SETOR%20ELETRICO/  
ENERGIA%20ALTERNATIVA/  
ATLAS%20EOLICO/  
AtlasBA\\_Rev\\_1.pdf](http://www.coelba.com.br/ARQUIVOS_EXTERNOS/O%20SETOR%20ELETRICO/ENERGIA%20ALTERNATIVA/ATLAS%20EOLICO/AtlasBA_Rev_1.pdf)>. Acesso  
em: 19 jun. 2010.

ECOLIGHT ENERGIA  
ALTERNATIVA. **Proposta de  
Orçamento de Sistema Solar.**  
Ilhéus, 2010.

ENERSUD INDUSTRIA E  
SOLUÇÕES ENERGÉTICAS  
LTDA. **Proposta de Orçamento  
de Sistema Eólico.** São  
Gonçalo, 2010.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA  
PARA O  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL (FBDS).  
**Desafios ambientais do novo  
modelo do setor elétrico.** Rio  
de Janeiro, 2010. Disponível em:  
<[http://www.fbds.org.br/fbds/  
article.php3?id\\_article=271](http://www.fbds.org.br/fbds/article.php3?id_article=271)>.  
Acesso em 24 mar. 2010.

GITMAN, L. J. Princípios de  
Administração Financeira. 7. ed.  
São Paulo: Harbra, 2002. 841p.

MOREIRA, I. **O espaço**

**geográfico:** geografia geral e do  
Brasil. 41. ed. São Paulo: Ática,  
1998. 488 p.

MOTTA, R. S. **Contabilidade  
ambiental:** teoria, metodologia e  
estudos de casos no Brasil. Rio  
de Janeiro: Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada, 1995. 125  
p.

TAVARES, G. M. Brasil – A  
primeira nação totalmente  
abastecida por energias  
renováveis. **CRESESB Informe,**  
Rio de Janeiro, ano 8, n. 8, p.  
12-13, jul. 2003.

TINOCO, J. E. P; KRAEMER,  
M. E. P. **Contabilidade e  
Gestão Ambiental.** São Paulo:  
Atlas, 2004. 303p.

WALISIEWICZ, M. **Energia  
alternativa:** solar, eólica,  
hidrelétrica e de biocombustíveis.  
São Paulo: Publifolha, 2008.  
72p.

# PERSPECTIVAS DO EMPREGO DA IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS NO EXÉRCITO BRASILEIRO

Renata Simões Barros<sup>1</sup>, José Maria Ferreira Júnior<sup>2</sup>

Resumo. A irradiação de alimentos é uma técnica eficiente para eliminar ou reduzir microorganismos, parasitas e pragas, sem causar qualquer prejuízo ao alimento ou ao consumidor. A possibilidade do seu emprego na alimentação das tropas do Exército Brasileiro (EB) seria importante tanto por diminuir os gastos com alimentos, como por reduzir a ocorrência de doenças de origem alimentar em militares. Assim, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a possibilidade do emprego da irradiação nos alimentos consumidos pelas tropas do EB. Para tanto, foi realizada uma pesquisa do tipo bibliográfica. A partir do estudo, pode-se afirmar que, por enquanto, o EB concede à irradiação de alimentos um tratamento voltado apenas à pesquisa. O Instituto de Projetos Especiais do Exército (IPE), em Guaratiba, Rio de Janeiro, tem realizado pesquisas, desde 1992, para a conservação de alimentos por meio da irradiação de raios gama. O principal problema enfrentado pelo EB refere-se à insuficiência de créditos alocados às pesquisas na área. Sugere-se a assinatura de convênios com instituições públicas para o desenvolvimento de pesquisas de aplicação mútua e a busca de fontes de recursos através do fomento de projetos com universidades e outros ministérios, de forma a dinamizar as atividades ligadas à energia nuclear no EB, mais especificamente aquelas relacionadas à irradiação de alimentos.

Palavras-chave: Irradiação. Alimentos. Exército Brasileiro.

Abstract. Food irradiation is an efficient technique to eliminate or to reduce microorganisms, parasites and plagues, without causing any damage to food or to the consumer. The possibility of its application in the feeding of Brazilian Army troops (BA) would be important for reducing expenses with food, in view of less waste, and for reducing the occurrence of foodborne diseases in military. This way, the general objective of this study is to evaluate the possibility of using irradiation on foods consumed by BA troops. For this purpose, a bibliographical research was carried out. From the study, it is possible to affirm that until the present moment the BA gives importance only to food irradiation research. The Special Projects Institute of the Army (SPI), in Guaratiba, Rio de Janeiro, has conducted research, since 1992, for the food conservation by gamma

<sup>1</sup> 1º Tenente do Quadro Complementar de Oficiais. Bacharel em Medicina Veterinária. Universidade Estadual do Ceará (UECE), Fortaleza, Brasil.

<sup>2</sup> Major do Quadro Complementar de Oficiais. Bacharel em Medicina Veterinária. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil. jmferreira@gmail.com.

irradiation. The main problem faced by the BA is related to the insufficiency of credits allocated to this kind of research. It is suggested the signing of agreements with public institutions for the development of mutual application research and for the search of resources through the projects promotion with universities and other ministries in order to become the activities related to nuclear energy in the BA dynamic, to be more specific, those related to food irradiation.

Keywords: Irradiation. Foods. Brazilian Army.

## 1 Introdução

Apesar do alto nível de segurança dos produtos alimentícios fornecidos para consumo, os perigos e riscos microbiológicos continuam existindo, resultando em números expressivos nas estatísticas de incidência de enfermidades transmitidas por alimentos. Além disso, registram-se perdas de alimentos em grandes quantidades, devido à deterioração, constituindo importante problema que atinge, principalmente, países em desenvolvimento (OLIVEIRA, 2000). O tratamento de alimentos através da radiação ionizante melhora sua conservação e, ao mesmo tempo, reduz a incidência de algumas doenças próprias dos mesmos. A irradiação dos alimentos é, inicialmente, usada para aumentar a qualidade dos

mesmos pela inativação das enzimas e redução das bactérias e fungos que causam deterioração. Esta é uma técnica comprovadamente eficiente e tem como finalidade eliminar ou reduzir microorganismos, parasitos e pragas sem causar qualquer prejuízo no alimento ou ao consumidor (POLIZEL, 2006).

Cabe ao EB a responsabilidade sobre a alimentação do efetivo da Força Terrestre de forma a contribuir para a melhoria dos níveis de saúde de seus integrantes, permitindo um melhor desempenho de suas atribuições constitucionais em todo o território brasileiro (NERY, 2003).

A possibilidade do seu emprego na alimentação das tropas do EB seria importante para diminuir os gastos com alimentos, em vista do menor desperdício dos mesmos, e reduzir a ocorrência de doenças de

origem alimentar em militares.

Esse processo alternativo de conservação de alimentos também é de grande importância estratégica. Tropas situadas em locais remotos e de difícil acesso, como fronteiras da Amazônia ou da África e missões de paz da Organização das Nações Unidas (ONU), consomem provisões que muitas vezes precisam ser armazenadas por vários meses em ambientes agressivos (em termos de temperatura, umidade, salinidade), e podem necessitar de uma durabilidade superior. Nesses casos, a utilização de radiação gama para a preservação desses alimentos poderia proporcionar uma melhoria na qualidade dos alimentos fornecidos à tropa, possibilitando inclusive a ampliação do cardápio.

Vale ressaltar que atividades de campanha requerem uma alimentação prática, com elevada durabilidade e boa qualidade, tanto para o bem estar da tropa quanto pela falta de locais adequados para seu armazenamento e sua conservação. Assim, novamente o uso de alimentos irradiados seria uma boa opção.

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a

possibilidade do emprego da irradiação nos alimentos consumidos pelas tropas do EB. Os objetivos específicos foram analisar a eficiência da técnica da radiação ionizante na inativação de microrganismos patogênicos; avaliar a qualidade dos produtos de origem animal e vegetal após serem irradiados; verificar a segurança da produção e da ingestão de produtos irradiados; e estudar as condições necessárias para seu emprego no EB.

## **2 Histórico da irradiação de alimentos**

Em 1905, nos Estados Unidos e na Inglaterra, foram requeridas as primeiras patentes do processo de irradiação de alimentos. Tais patentes tinham como objetivo utilizar radiações para eliminar bactérias presentes nos alimentos (CENTER FOR CONSUMER RESEARCH, 2000).

Desde a década de 1950, são realizadas pesquisas científicas sobre a irradiação de alimentos nos Estados Unidos. A partir de 1970, a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) adotou o processo de esterilização de carnes para o consumo no



espaço. O *Food and Drug Administration* (FDA), em meados da década de 1960, autorizou o emprego da irradiação em batatas e trigo. Em 1980, seguiram-se as aprovações da irradiação de especiarias e temperos, frutas secas, carne suína, substâncias secas e desidratadas. Somente em 1990 foi aprovado o uso da técnica em carcaças de frango (SOARES et al., 2008).

Cerca de 40 países possuem legislação permitindo o uso da irradiação na conservação dos alimentos, o que corresponde a, aproximadamente, 61,7 milhões de toneladas de produtos irradiados anualmente na Europa. No entanto, apenas 27 países usam tal tecnologia para fins comerciais. O Brasil está incluído nessas estatísticas, sendo temperos vegetais secos e especiarias os alimentos mais comumente irradiados (OLIVEIRA, 2000).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), aprovou a Resolução nº 21, de 26 de janeiro de 2001, “Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos”, que dita as normas para o emprego dessa técnica em nosso território (BRASIL, 2001).

## 2.1 Princípios da irradiação

No processo de irradiação, os alimentos são submetidos à ação de um campo de radiação eletromagnética, ou seja, uma forma de energia que se propaga no espaço, normalmente em linha reta, com velocidade extremamente elevada (semelhante à velocidade da luz). Suas formas mais comuns são a luz e o calor radiante. Outros exemplos são: os raios  $\gamma$ , os raios  $x$ , as microondas, a radiação ultravioleta e as ondas de rádio. O espectro eletromagnético é composto por várias regiões, cada uma correspondendo a uma faixa de comprimento de onda (HERNANDES; VITAL; SABAA-SRUR, 2003).

A irradiação de alimentos emprega uma faixa particular de energia eletromagnética conhecida por radiações ionizantes. Radiações ionizantes são partículas ou fótons que possuem energia suficiente para produzir partículas eletricamente carregadas (íons), nos materiais com os quais entram em contato (HERNANDES; VITAL; SABAA-SRUR, 2003). A radiação ionizante pode ser caracterizada pelo seu

alto nível de energia, alto poder de penetração e ação letal em nível celular (SOARES et al., 2008).

Normalmente, a unidade utilizada para quantificar a energia das radiações, é o MeV, ou seja, Mega elétron-Volt ( $1 \text{ MeV} = 10^6 / \text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Joules}$ ) (HERNANDES; VITAL; SABAA-SRUR, 2003).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001), as fontes de irradiação utilizadas no país para tratamento de alimentos são aquelas autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), classificadas em:

a) Raios-x, produzidos por máquinas que trabalham com energia máxima de 5MeV;

b) Raios-g, gerados por fontes de cobalto-60 e césio-137; e

c) Elétrons, produzidos por aceleradores de elétrons, com energia máxima de 10MeV.

A radiação gama, proveniente da fonte de cobalto-60, é um tipo de onda de alta frequência e curto comprimento, motivo pelo qual tem alto conteúdo de energia e poder de penetração e letalidade devido sua ação em nível celular. Sua penetração é instantânea, uniforme e profunda. Assim, traz vantagens

sobre os outros métodos usados para destruir bactérias nos alimentos (FRANCO; LANDGRAF, 1996; HOBBS; ROBERTS, 1998). Apesar de os elétrons serem menos penetrantes do que os raios gama, eles são úteis para a irradiação de grandes volumes de pequenos produtos alimentícios como grãos ou carne pré-embalada (SOARES et al., 2008).

Na irradiação de alimentos, utiliza-se como principal fonte de radiação gama o cobalto-60, obtido pelo bombeamento com nêutrons do metal cobalto-59 em um reator nuclear. É o mais utilizado comercialmente em todo mundo por sua disponibilidade, custo, apresentar-se na forma metálica e ser insolúvel em água, proporcionando com isso maior segurança ambiental (EHLERMANN, 1990 apud CENA, 2007).

A quantificação das doses de radiação se faz em função da energia absorvida pelo produto irradiado. A unidade de medida utilizada é o Gray (Gy) ou quilogray (kGy) e um Gray equivale a um Joule de energia por quilograma de alimento irradiado. Para aplicação em alimentos, a maioria das doses

utilizadas se encontra entre 0,1 e 7,0 kGy. No entanto, o uso da irradiação como tratamento para preservação de alimentos foi aprovado pela Organização da Agricultura e Alimentos para doses acima de 10 kGy por não oferecer efeitos negativos sob o ponto de vista nutricional e toxicológico nos alimentos (CENA, 2007).

A principal ação da radiação ionizante sobre os microorganismos ocorre por meio de alterações do material genético microbiano. Alterações de outras estruturas, como as membranas celulares e enzimas, também são relatadas na literatura (SOARES et al., 2008).

Atualmente, todas as normas para o emprego desta tecnologia estão descritas na Resolução nº 21, segundo a qual, qualquer alimento pode ser irradiado desde que sejam observados os limites mínimos e máximos da dosagem aplicada, sendo que a dose mínima deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida e a máxima, inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e/ou atributos sensoriais do alimento (BRASIL, 2001).

A legislação vigente exige que a indústria, ao utilizar irradiação

em alimentos, assegure que o cliente final saiba que o alimento foi tratado com este processo, deixando isso claro na embalagem. A embalagem deve conter a informação: “Alimento Tratado por Processo de Irradiação”, com as letras de tamanho não inferior a um terço (1/3) do da letra de maior tamanho nos dizeres de rotulagem. Quando um produto irradiado é utilizado como ingrediente em outro alimento, deve declarar essa circunstância na lista de ingredientes, entre parênteses, após o nome do mesmo. No caso de alimentos vendidos a granel, deve-se colocar uma faixa com a indicação citada, podendo-se também utilizar o símbolo na lateral da faixa, que indica que o alimento foi tratado por irradiação (BRASIL, 2001).

## **2.2 Vantagens e limitações da irradiação nos alimentos**

Usar o processo de radiação gama é economicamente viável para grandes ou pequenas quantidades de produtos; é um dos processos mais rápidos de esterilização existentes na atualidade; possui alto poder de penetração, sendo o processo

realizado na embalagem final dos produtos; é um processo totalmente automatizado, não havendo necessidade de manuseio dos produtos; não necessita quarentena ou tratamento pós esterilização, pois não deixa resíduos; permite imediato uso dos materiais, após o término do processo; facilmente validado; e facilmente monitorado. Os únicos fatores variáveis são o tempo de exposição e o processo de esterilização existente, de maior ou menor agressividade ao meio ambiente (EMBRARAD, 2006 apud POLIZEL, 2006).

Os alimentos irradiados permanecem nutritivos após serem tratados por irradiação. Nas doses mais altas, usadas para estender a vida de prateleira ou controlar bactérias nocivas, as perdas nutricionais são geralmente inferiores ou próximas daquelas que ocorrem durante o cozimento ou no congelamento. Em doses mais baixas, tais perdas tornam-se insignificantes ou mesmo imensuráveis (VITAL; LIMA, 2009).

Quanto às vantagens da irradiação sobre os métodos tradicionais (CNEA, 2004), estão:

a) Por ser um processo a frio,

pode descontaminar alimentos refrigerados e congelados sem causar efeitos indesejáveis em suas propriedades organolépticas e físico-químicas;

b) Como a radiação tem elevado poder de penetração, o processo pode ser usado para tratar uma grande variedade de alimentos, numa considerável faixa de tamanhos e formas, com pouca ou nenhuma manipulação ou processamento;

c) Pode facilitar a distribuição e venda de frutas frescas, vegetais e carnes pelo aumento da vida útil desses produtos, sem alterar a sua qualidade;

d) Pode substituir os tratamentos químicos que deixam resíduos nos alimentos;

e) No caso de produtos avícolas, a irradiação oferece um método de custo efetivo para garantir ao consumidor proteção contra doenças transmitidas por alimentos, principalmente salmonelose e campilobacteriose;

f) Não aumenta a temperatura do alimento (pasteurização a frio). Possibilidade de tratamento do alimento em embalagens que temem calor e água;

g) Diminui o tempo de cozimento de certos alimentos,

principalmente desidratados; e

h) Permite atingir organismos (ovos e larvas de insetos, vermes, etc) dentro dos alimentos.

Limitações desse processo também existem (HERNANDES; VITAL; SABAA-SRUR, 2003):

a) Nem todos os alimentos se prestam à irradiação; existem alimentos que ao serem irradiados sofrem mudanças na textura, na cor ou no sabor, que acabam por torná-los indesejáveis para o consumidor;

b) Geralmente é necessária a utilização em conjunto com outros métodos de conservação (refrigeração, embalagens especiais);

c) Nas doses mais frequentemente usadas (em torno de 1 kGy), os alimentos não são esterilizados; assim é possível o crescimento de microrganismos que tenham sobrevivido ao processo. Esses microrganismos podem produzir toxinas, por exemplo, toxina botulínica produzida pelo *Clostridium botulinum*, microrganismo que, na forma de esporo, necessita de uma dose de 50 kGy para sua eliminação (CNEA, 2004). A ingestão de células viáveis ou de toxinas pode causar doenças;

d) Pode ocorrer reinfestação, caso não haja um controle adequado pós-irradiação (no processo de irradiação os efeitos deletérios são diretos: o alimento não adquire proteção para novas contaminações, sendo fundamental a observância das boas práticas de manuseio);

e) Na maioria dos casos, é difícil afirmar se um alimento foi ou não irradiado, possibilitando fraudes;

f) O processo, se não for bem conduzido, pode acarretar perda de algumas vitaminas (A, B1, C, E). Essas perdas podem ser evitadas ou significativamente diminuídas se forem observados alguns cuidados (irradiação sob baixa temperatura, por exemplo);

g) Não é um processo mágico, não regenera ou embeleza alimentos danificados, ao contrário, o processo, na maioria das vezes, acentua os danos anteriormente sofridos (escurecimento de frutos que tenham sido danificados durante o transporte, por exemplo);

h) No processo de irradiação, também são gerados produtos radiolíticos, quimicamente semelhantes aos termolíticos produzidos pelo aquecimento e ou

coção de alimentos (secagem, apertização, preparação de alimentos quentes, etc). Como consequência, causam alguns efeitos secundários, como recombinação, dimerização, captura de elétrons e desproporcionalização.

### **2.3 Segurança com relação à utilização da radiação**

Pequenos compostos são formados durante a irradiação e investigações determinaram que os radicais livres e outros compostos produzidos são idênticos aos formados durante o cozimento, pasteurização, congelamento e outras formas de preparo e processamento. Entretanto, não existem evidências de que tais radicais sejam tóxicos, carcinogênicos, mutagênicos ou teratogênicos e, para afirmar isto, voluntários humanos consumiram dietas 100% irradiadas e não foi constatado o aparecimento de efeitos deletérios (SOARES et al., 2008).

Alimentos irradiados não se tornam radioativos, pois em nenhum momento entram em contato direto com a fonte radioativa, ou seja, não são

contaminados. Além disso, as energias das radiações utilizadas não são suficientes para induzir radioatividade nos alimentos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1989). Os alimentos carregam traços de radioatividade natural, que fica em torno de 150 a 200 becqueréis/kg. Quando o alimento é irradiado, ele passa a ter apenas um milésimo de becquerel/kg a mais do que o natural (*FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY*, 1999).

Com relação ao valor nutritivo, as perdas de nutrientes são pequenas e com frequência menores do que aquelas associadas a outros métodos de preservação, como o enlatamento, a desidratação, a pasteurização pelo calor e a esterilização. Isto se deve ao fato de que a irradiação não eleva substancialmente a temperatura do alimento. O mesmo se aplica para as gorduras e aminoácidos, não havendo registro de alterações relativas à digestão e à absorção. Qualidades sensoriais como aparência, sabor e aroma têm sido avaliadas em laboratório e em estudos de mercado com consumidores que

consistentemente classificam frutas e produtos irradiados como iguais ou melhores que os não irradiados (SOARES et al., 2008).

O transporte e manuseio do material radioativo devem ser feitos de maneira segura de acordo com os regulamentos estritos: cápsulas de aço inoxidável resistentes a colisões, fogo e pressões. Os locais para irradiação têm que ser resistentes a terremotos e outros fenômenos naturais e o cobalto-60 é exclusivamente usado no processo; não é um produto residual e não pode ser usado para fabricação de armas nucleares. Não devem existir fluidos quentes ou gases explosivos, gases radioativos, líquidos ou sólidos que acidentalmente se disseminariam pelo ambiente (CALVO, 2005).

A fonte de radiação ionizante deve se encontrar em uma câmara no interior de um labirinto com blindagem suficiente para proteção dos profissionais. É operada através de um painel de controle associado a um circuito de televisão fechado que permite a observação da área. Quando o sistema de irradiação é acionado, ativa-se automaticamente um dispositivo de advertência e há o

impedimento físico de acesso ao labirinto, evitando possíveis acidentes (GHOBRIEL, 2008).

Dentro da metodologia do trabalho foi realizada uma pesquisa aplicada, qualitativa, descritiva e bibliográfica, elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e material disponibilizado de forma eletrônica. A técnica empregada para a coleta de dados foi do tipo coleta documental.

As pesquisas sobre a irradiação de alimentos são consideradas altamente estratégicas, pois tem como objetivo, entre outros, a elaboração de um tipo de ração de emprego dual. Este tipo de alimento pode ser empregado para a tropa, bem como para alimentar a população de áreas mais carentes. Segundo o jornal O Globo, o EB já chegou a propor ao Ministério do Desenvolvimento Social (MDS) que essa tecnologia fosse utilizada no programa “Fome Zero” (CENTRO DE ESTUDOS LATINO-AMERICANOS, 2004).

O uso de alimentos irradiados seria uma boa opção tanto para tropas situadas em locais de difícil acesso quanto para atividades de

campanha, que necessitem de uma alimentação prática, com durabilidade e qualidade superior.

Alimentos de origem vegetal ou animal tecnicamente irradiados com raios gama apresentam um tempo de conservação longo, sem necessidade de refrigeração. É fácil imaginar os benefícios desse processo para inúmeras regiões do Brasil, particularmente as que se encontram afastadas dos grandes centros e que sofrem dificuldades de transporte como, por exemplo, nos pelotões de fronteira. Nestes casos, a utilização de radiação para a preservação desses alimentos poderá proporcionar uma melhoria na qualidade dos alimentos fornecidos à tropa, com menor risco à saúde, além de uma economia significativa de recursos devido à redução das perdas.

O EB concede à energia nuclear um tratamento voltado à pesquisa e à aplicação tecnológica direcionada ao emprego na Instituição. No CTEEx e no IME estão concentradas as ações que envolvem o desenvolvimento das pesquisas no campo da energia nuclear. Estas ações visam à aquisição de conhecimentos estratégicos, seja na área de pessoal, seja no desencadeamento

de novas metodologias científicas. As instalações da Divisão de Defesa Química Biológica e Nuclear do EB possuem um irradiador de césio-137, sendo considerado o maior irradiador de pesquisa da América Latina. Este equipamento é fundamental para a pesquisa de irradiação de materiais e, em particular, a irradiação de alimentos (SANTOS, 2007).

O Instituto de Projetos Especiais do Exército (IPE), em Guaratiba, Rio de Janeiro, tem realizado pesquisas, desde 1992, para a conservação de alimentos por meio da irradiação de raios gama, desenvolvendo um processo eficiente e seguro para conservar produtos alimentícios. No IPE do CTEEx, no Rio de Janeiro, são desenvolvidas pesquisas de irradiação de alimentos (frutas, legumes, raízes, carne, rações militares, etc.); ervas medicinais; bebidas; polímeros; sangue, veneno de cobra; componentes ópticos; eletrônicos; esterilização e dosimetria (Figuras 1 e 2). A partir dessas pesquisas, já foram produzidas, ao total, quatro dissertações de mestrado e uma tese de doutorado (INSTITUTO DE PROJETOS ESPECIAIS, 2003).





Figura 1 – As batatas da esquerda foram irradiadas.

Fonte: VITAL; LIMA (2009).



Figura 2 – Os tomates da direita foram irradiados.

Fonte: VITAL; LIMA (2009).

O irradiador do CTE<sub>x</sub> é uma instalação de pesquisa robusta (19 toneladas), usado exclusivamente em pesquisas, classificada como do tipo cavidade blindada (Figura 3). Sua fonte, que simula uma distribuição planar, é movimentada por um sistema pneumático por intermédio de um painel eletrônico

que também controla a porta blindada que dá acesso às duas câmaras de irradiação. Após introdução das amostras nas câmaras, a porta é fechada e a fonte é transportada automaticamente de sua blindagem para a posição de irradiação, no plano central localizado entre as duas câmaras (superior e inferior). Quando o tempo programado para exposição das amostras é atingido, o sistema de controle automaticamente recolhe a fonte para o interior de sua blindagem e as amostras irradiadas podem então ser retiradas, após a reabertura da porta do irradiador (FREITA, 2005).



Figura 3 – Irradiador de céσιο disponível no IPE.

Fonte: VITAL; LIMA (2009).

A instalação possui vários sistemas independentes de

proteção e monitoração e é operada por pessoal altamente treinado segundo as mais rígidas normas de segurança. A atividade atual de sua fonte de cézio-137 gera uma taxa de dose máxima aproximadamente uniforme no centro das câmaras, próxima a 2,0 kGy/h. O volume útil total é de, aproximadamente, 80 litros (VITAL et al., 2000).

O irradiador do IPE constitui uma valiosa ferramenta para pesquisas em irradiação de alimentos, com características únicas no País. O IPE aceita propostas de trabalhos científicos em irradiação de alimentos desde que haja uma participação de algum de seus pesquisadores na autoria do trabalho. Está sendo montado um laboratório de análise de alimentos irradiados no IPE. Ele seria composto por: usina piloto de processamento de alimentos, laboratório de análises físicas e químicas e laboratório de análises microbiológicas (VITAL; LIMA, 2008).

O IPE mantém parceria, realiza cursos e estabelece convênios com as seguintes instituições: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária (EMBRAPA), Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), Universidade Federal Fluminense (UFF), TECH ION, IME (VITAL; LIMA, 2008).

O EB, vislumbrando possuir profissionais capacitados no campo da energia nuclear e refletindo um aspecto estratégico de um tipo de conhecimento que deve ser mantido, enfatiza a formação de recursos humanos dentro da própria instituição, bem como através de convênio com outras entidades, inclusive no exterior. Isso pode ser demonstrado pelo número expressivo de oficiais mestres e doutores em engenharia nuclear no EB. Estes Oficiais são formados, principalmente no IME, no caso dos mestres, e na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), no caso dos doutores. A valorização do recurso humano é um fator de fundamental importância para a busca da excelência no campo nuclear (SANTOS, 2007).

Em vista dos custos elevados da terceirização para compra de alimentos irradiados e devido o EB

já possuir instalado um centro de pesquisa na área de irradiação de alimentos, o próximo passo poderia estar voltado para a produção em série de alimentos irradiados pela própria Instituição, para serem distribuídos, em primeira necessidade, para as regiões brasileiras que apresentam maiores dificuldades na aquisição de suprimentos. Em seguida, poderia se pensar nessa produção para os Depósitos de Suprimento do Exército ao longo do país, além da produção das rações operacionais usualmente empregadas, normalmente adquiridas por licitações. Para tanto, faz-se necessário reavaliar as condições estruturais e funcionais do IPE de modo a permitir a autoprodução de alimentos tratados por irradiação.

O principal problema enfrentado pelo EB se refere à insuficiência de créditos alocados às pesquisas na área. Este problema é conjectural e afeta a Instituição como um todo. Os recursos distribuídos pelo Governo Federal são reduzidos e, em muitos casos, apenas colocam projetos de valor estratégico, como os ligados ao setor nuclear, em uma situação vegetativa

(SANTOS, 2007).

### **3 Conclusão**

A irradiação constitui um atraente método, seguro e eficiente, capaz de prolongar a vida útil e melhorar a qualidade de alimentos, com grande potencial para reduzir substancialmente as perdas pós-colheita no país e aumentar a competitividade dos produtos agropecuários no mercado internacional.

Apesar do crescente interesse de vários grupos e da construção de novos irradiadores, esse método de conservação, alvo de muitos preconceitos e ataques infundados, ainda carece de mais divulgação e de esforços multi-institucionais coordenados visando a implantação de um plano otimizado de irradiação de alimentos e adequado às reais condições e necessidades brasileiras.

O uso de alimentos irradiados seria uma boa opção tanto para tropas do EB situadas em locais de difícil acesso quanto para atividades de campanha, que necessitam de uma alimentação prática, com durabilidade e qualidade superior.

O irradiador do IPE constitui uma valiosa ferramenta para pesquisas em irradiação de alimentos. A instalação possui vários sistemas independentes de proteção e monitoração e é operada por pessoal altamente treinado segundo as mais rígidas normas de segurança.

As atividades desenvolvidas pelo EB no campo da irradiação de alimentos estão concentradas, atualmente, no âmbito da pesquisa. O principal problema enfrentado pelo EB se refere à insuficiência de créditos alocados às pesquisas na área, prejudicando o desenvolvimento do setor. Além disso, os recursos humanos existentes, em alguns casos, em virtude da própria peculiaridade da carreira militar, não estão sendo empregados nas atividades relacionadas. Verifica-se, portanto, que existe bastante espaço para o crescimento do conhecimento relacionado à essa área da energia nuclear dentro do EB.

A importância estratégica da busca do conhecimento na área nuclear está evidenciada pela diversidade de aplicações e sua utilidade prática nas atividades desempenhadas pelo EB que possam vir a depender dela.

Sugere-se a implantação de medidas que possam dinamizar as atividades ligadas à energia nuclear, mais especificamente aquelas relacionadas à irradiação de alimentos, como por exemplo, a assinatura de convênios com instituições públicas para o desenvolvimento de pesquisas de aplicação mútua e à busca de fontes de recursos. Esta busca pode ser realizada através do fomento de projetos com outras universidades, bem como com outros ministérios.

## Referências

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº 21, de 26 janeiro de 2001. **Regulamento técnico para irradiação de alimentos.** Disponível em: <[http://anvisa.gov.br/legis/resol/21\\_01rdc.htm](http://anvisa.gov.br/legis/resol/21_01rdc.htm)>. Acesso em: 31 mai. 2010.

CALVO, W. A. P. **Desenvolvimento do sistema de irradiação em um irradiador multipropósito de cobalto-60 tipo compacto.** 2005. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear –

Aplicações). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2005.

CENTRO DE ESTUDOS LATINO-AMERICANOS (CELA). Observatório cone sul de defesa e forças armadas.

**Informe Brasil nº 145.** Franca, 20 jun. 2004.

Disponível em: <<http://www.cee-chile.org/resumen/brasi/bra100-150/sembra145.htm>>. Acesso em: 03 jun. 2010.

CENTER FOR CONSUMER RESEARCH (CCR). **Food irradiation, history of food irradiation.** 2000. Disponível em: <<http://ccr.ucdavis.edu/irr/history.shtml>>. Acesso em: 05 jun. 2010.

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA (CENA). **Divulgação da tecnologia de irradiação de alimentos e outros materiais.** Desenvolvido pela USP-CENA/PCLQ. 2007. Disponível em <<http://www.cena.usp.br/irradiacao/index.asp>>. Acesso em: 28 mar. 2010.

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (CNEA).

**Irradiación de alimentos.** 2004. Disponível em <<http://caebis.cnea.gov.ar/aplicaciones/alim/Irra1.html#Definicion>>. Acesso em 28 mar. 2010.

*FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/*

*INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (FAO/*

*IAEA). **Facts about food irradiation.** 1999. Disponível em:*

*<<http://www.iaea.org/Publications/Magazines/index.html>>. Acesso em 10 jul. 2010.*

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos.** São Paulo, Editora Atheneu, 1996. p. 134-139.

FREITA, R. M. **Preservação de alimentos por irradiação em baixas doses.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear). Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2005.

GHOBRIL, C. N. **Gestão tecnológica para instalação de um irradiador de alimentos no vale do Ribeira.** 2008. Tese (Doutorado em Ciências na Área

de Tecnologia Nuclear – Aplicações). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2008.

HERNANDES, N. K.; VITAL, H. C.; SABAA-SRUR, A. U. O. Irradiação de alimentos: vantagens e limitações. **Boletim da SBCTA**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 154-159, 2003.

HOBBS, B. C.; ROBERTS, D. **Toxinfecções e controle higiênico-sanitário de alimentos**. São Paulo, Livraria Varela, 1998. p. 137-139, 221, 278.

INSTITUTO DE PROJETOS ESPECIAIS (IPE). **Página do noticiário do Exército sobre irradiação de alimentos no extinto IPE**. 2003. Disponível em: <<http://www.exercito.gov.br/NE/2000/NE/ne9680/ipe.htm>>. Acesso em: 01 jun. 2010.

NERY, C. R. B. et al. Nutrição e saúde no Exército Brasileiro. **Revista de Educação Física**, n. 127, p. 34-40, 2003.

OLIVEIRA, L.C. Present situation on food irradiation in South America and the regulatory

perspectives for Brasil. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.57, p. 249-252, 2000.

POLIZEL, G. G. **O uso da radiação no controle microbiológico dos alimentos de origem animal**. 2006. Monografia (Especialização em Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal e Vigilância Sanitária em Alimentos), Universidade Castelo Branco, Rio de Janeiro, 2006.

SANTOS, J. R. P. **Fontes de energia utilizadas pelo exército brasileiro: uma visão estratégica**. 2007. Disponível em: <<http://www.eceme.ensino.eb.br/portalicee/arquivos/2006/log/fonts%20de%20energia%20utilizadas%20pelo%20exercito%20brasileiro%20uma%20visao%20estrategica.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2010.

SOARES, C. M. et al. Irradiação de alimentos. In: GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**. 3 ed. São Paulo: Manole, 2008. p. 629-651.

VITAL, H. C. et al.  
Experimentos dosimétricos no irradiador gama do IPE. **V Encontro Nacional de Aplicações Nucleares (VENAN)**. Rio de Janeiro, 2000, p. 15 – 20.

VITAL, H. C.; LIMA, R. Q.  
**Irradiação de alimentos**. Curso produzido pelo Grupo Nuclear – Centro Tecnológico do Exército. Rio de Janeiro, 2008.

VITAL, H. C.; LIMA, R. Q.  
**Irradiação de alimentos:** perguntas e respostas mais freqüentes. Instituto de Projetos Especiais. 2009. Disponível em: <<http://members.fortunecity.com/radiologiaeimagem/trabalhos/historicoirradiacaoalimenhis.htm>>. Acesso em: 14 jul. 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **La irradiación de los alimentos – una técnica para conservar y preservar la inocuidad de los alimentos**. Ginebra, 1989.