INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia associada à Universidade de São Paulo

ACEITAÇÃO DE ALIMENTOS IRRADIADOS: UMA QUESTÃO DE EDUCAÇÃO

LEILA MODANEZ

Tese apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Doutor em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações.

Orientador:

Prof. Dr. Valter Arthur

Co-orientadora:

Profa. Dra. Anna Lucia C. H. Villavicencio

SÃO PAULO

2012

*À minha família pela
dedicação, apoio, carinho,
paciência, compreensão e
incentivo durante toda a
trajetória desse trabalho.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, coragem e luz em todos os momentos desta caminhada, principalmente nos mais difíceis.

Ao querido professor Dr. Valter Arthur, pela competente orientação, paciência, incentivos constantes e principalmente pelo exemplo demonstrado durante toda trajetória deste trabalho.

À querida co-orientadora Dra. Anna Lucia Casañas Haasis Villavicencio pelo competente apoio científico e profissional, pela paciência e dedicação oferecidas em todos os momentos.

Aos professores da Banca Examinadora pela atenção, comentários e sugestões que tanto contribuíram para a evolução deste trabalho.

Às verdadeiras amigas, Eliana Borba Cattaruzzi e Rita de Cassia Araújo Scaglione, pela imensa compreensão, paciência, incentivo e carinho; pelas contribuições e auxílio constantes oferecidos durante todo o processo de aplicação, análise e desenvolvimento deste trabalho. Aos amigos Maria de Lourdes Ruegger Silva e Rosevarte Júnior pela incomensurável competência dedicada ao enriquecimento deste trabalho.

Agradeço especialmente ao meu pai Orlando e à minha mãe Esmeralda que tanto me apoiaram e me incentivaram em todos os momentos da minha vida. Ao meu irmão Leandro e à minha cunhada Raquel pelas colaborações técnicas.

Agradeço também ao meu grande amor Edvaldo pela paciência, incentivo e carinho constantes em todos os momentos.

Ao corpo docente, do programa de pós-graduação do IPEN/CNEN-SP e da USP, pelos ensinamentos recebidos.

*“Educai as crianças para que
não seja necessário punir os
adultos”.*

Pitágoras

ACEITAÇÃO DE ALIMENTOS IRRADIADOS: UMA QUESTÃO DE EDUCAÇÃO

LEILA MODANEZ

RESUMO

O uso comercial da tecnologia de irradiação de alimentos no Brasil cresce lentamente, devido a interpretações equivocadas por grande parte dos consumidores brasileiros, que possuem uma ideia preconcebida, advinda da imagem negativa da energia nuclear. Pesquisas indicam que a difícil aceitação por parte do consumidor pode ser atribuída à confusão existente entre os termos irradiação e radioatividade, frequentemente relacionados aos riscos à saúde. Quando devidamente informados sobre o que é, para que serve e quais os benefícios da tecnologia de irradiação de alimentos, grande parte dos consumidores reage de forma positiva. Portanto, os objetivos deste trabalho foram avaliar a aceitação de consumidores brasileiros em relação ao consumo de alimentos irradiados, verificar as informações que eles receberam sobre o processo de irradiação de alimentos durante o período escolar, fazer uma análise do currículo escolar brasileiro desde o Ensino Fundamental II até o Ensino Médio, no que diz respeito às aplicações da energia nuclear e comparar o conteúdo ensinado no Brasil ao conteúdo abordado nos demais países pesquisados, como a França, os Estados Unidos e a China. A metodologia do trabalho consistiu em um levantamento sistemático da literatura específica, bem como na aplicação de um questionário para a verificação da aceitação de alimentos irradiados por consumidores brasileiros. De acordo com a bibliografia consultada, ficou clara a recomendação de uma educação, desde o início no currículo escolar, sobre as aplicações benéficas da energia nuclear, mais especificamente, na área de irradiação de alimentos. Tal recomendação deve-se ao fato de que os consumidores consultados, tanto no Brasil como em outros países, não têm conhecimento suficiente sobre os benefícios da irradiação de alimentos. De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que a educação é de fundamental importância para a aceitação de novas tecnologias, por parte dos consumidores, especificamente de alimentos irradiados.

ACCEPTANCE OF IRRADIATED FOOD: AN EDUCATION ISSUE

LEILA MODANEZ

ABSTRACT

The commercial use of irradiated food technology in Brazil has a slow growing due to misinterpretation by most Brazilian consumers, who have been misled by wrong ideas about the meaning of what is nuclear energy. Researches indicate that consumers have difficult in accepting such a technology due to the confusion between the terms irradiation and radioactivity, which are often related to health risks. When properly informed about the process, its purpose and the benefits offered by food irradiation technology, most consumers react positively. Therefore, this work aims to: first, to evaluate the acceptance of irradiated foods by Brazilian consumers; second, to verify the teaching at school about the food irradiation process; third, to analyze the Brazilian school curriculum from elementary school to high school, regarding nuclear energy applications; then, to compare the content taught in Brazil with the content covered in other surveyed countries, such as France, United States, and China. The methodology of this study consisted of a systematic survey of the specific literature, and a questionnaire to verify the acceptance of irradiated food by Brazilian consumers. According to the researched bibliography, it was clear the recommendation of an early school education about the usage of nuclear energy, more specifically, food irradiation. Such a recommendation is due to the fact that the consulted costumers, in Brazil and other countries mentioned in this work, do not clearly understand the full benefits of irradiated food. Hence, education is fundamental for the acceptance of new technologies by consumers, as it is the case with irradiated food.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS	v
1 – INTRODUÇÃO	13
1.1 – Considerações gerais	13
1.2 – Objetivos	15
2 – REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 – Segurança alimentar	16
2.2 – A tecnologia de irradiação de alimentos	17
2.3 – Regulamentação e trajetória da irradiação de alimentos	19
2.4 – Rotulagem.....	24
2.5 – Finalidades da irradiação de alimentos.....	26
2.5.1 – Redução da carga microbiana presente em carnes	30
2.5.2 – Inibição ou retardo do processo germinativo em bulbos e tubérculos	31
2.5.3 – Retardo da maturação de frutas e legumes.....	32
2.5.4 – Desinfestação de cereais e grãos	34
2.5.5 – Desinfecção de ervas e especiarias	35
2.5.6 – Esterilização de insetos	36
2.6 – Aceitação de alimentos irradiados	37
2.6.1 – Estados Unidos	39
2.6.2 – França	42
2.6.3 – China	42
2.6.4 – Brasil.....	43
2.7 – Outros países.....	45
2.7.1 – Argentina	45
2.7.2 – Canadá	46
2.7.3 – Chile	46
2.7.4 – Egito	47

2.7.5 – Inglaterra	48
2.7.6 – Tailândia	48
2.7.7 – Turquia	49
2.8 – Países que aplicam a irradiação de alimentos	50
2.9 – Panorama do ensino das ciências (Química, Física e Biologia) nos Estados Unidos, França, China e Brasil	54
2.10 – Análise dos conteúdos dos currículos educacionais dos Estados Unidos, França, China e Brasil	55
2.10.1 – Estados Unidos	55
2.10.2 – França	57
2.10.3 – China	57
2.10.4 – Brasil.....	59
3 – METODOLOGIA	61
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1 – Pesquisa para avaliar o grau de informação recebida pelo consumidor, sobre a irradiação de alimentos, durante o período escolar	65
4.1.1 – Análise da caracterização socioeconômica e demográfica	65
4.2 – Análise do conhecimento sobre alimentos irradiados sem esclarecimento prévio.....	69
4.3 – Análise do conhecimento sobre alimentos irradiados após esclarecimentos	77
4.4 – Discussão dos conteúdos relacionados à irradiação de alimentos recomendados pelos currículos pesquisados.....	84
4.4.1 – Estados Unidos	85
4.4.2 – França	86
4.4.3 – China	86
4.4.4 – Brasil.....	88
5 – CONCLUSÃO	90
ANEXOS	92
ANEXO A – Questionário.....	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 – Evolução da legislação para irradiação de alimentos no Brasil..	20
TABELA 2 – Trajetória da irradiação de alimentos nos EUA.....	22
TABELA 3 – Dose de radiação aplicada para cada tipo de alimento.....	28
TABELA 4 – Vida útil de alimentos não irradiados e irradiados.....	29
TABELA 5 – Quantidade de instalações para irradiação de alimentos por país e principais alimentos irradiados.....	51
TABELA 6 – Classificação sobre a Educação das Ciências em 2010.....	55
TABELA 7 – Caracterização socioeconômica e demográfica.....	65
TABELA 8 – Informações do conhecimento sobre alimentos irradiados sem esclarecimento prévio.....	69
TABELA 9 – Informações do conhecimento sobre alimentos irradiados após esclarecimentos.....	77

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 – Irradiador multipropósito do IPEN, em detalhe sua fonte de radiação.....	18
FIGURA 2 – Produtos irradiados oferecidos a granel.....	25
FIGURA 3 – Alimentos que possuem ingredientes tratados por irradiação.....	25
FIGURA 4 – Radura: símbolo internacional utilizado para identificar alimentos irradiados.....	26
FIGURA 5 – Alimentos irradiados e identificados com o símbolo radura.....	26
FIGURA 6 – Exemplos de carnes irradiadas.....	31
FIGURA 7 – Exemplos de tubérculos e bulbos não irradiados e irradiados, respectivamente.....	32
FIGURA 8 – Mangas irradiadas identificadas com o símbolo – Radura.....	33
FIGURA 9 – Exemplos de frutas irradiadas e não irradiadas.....	33
FIGURA 10 – Exemplos de alimentos infestados na pós-colheita.....	34
FIGURA 11 – Exemplos de grãos irradiados e não irradiados.....	35
FIGURA 12 – Exemplos de ervas aromáticas e especiarias.....	35
FIGURA 13 – Exemplos de ervas aromáticas e especiarias irradiadas.....	36
FIGURA 14 – Mosca-das-frutas ou Mosca-do-mediterrâneo.....	37
FIGURA 15 – Países que utilizam a irradiação de alimentos para fins comerciais.....	51
FIGURA 16 – Gênero.....	66
FIGURA 17 – Faixa etária.....	67
FIGURA 18 – Cursou o Ensino Fundamental em escola.....	67
FIGURA 19 – Cursou o Ensino Médio em escola.....	68
FIGURA 20 – Grau de escolaridade.....	68
FIGURA 21 – Município de residência.....	69
FIGURA 22 – Quando você ouve falar em energia nuclear, a impressão que você tem é.....	71

FIGURA 23 – Durante o período escolar, você teve aulas sobre as diversas aplicações da energia nuclear?	72
FIGURA 24 – Você se preocupa com a qualidade dos alimentos que consome?	73
FIGURA 25 – Uma das aplicações da energia nuclear é a irradiação de alimentos. Você conhece?	73
FIGURA 26 – Você acredita que os alimentos irradiados se tornam radioativos?	74
FIGURA 27 – Você acredita que a irradiação de alimentos produz “toxinas” nos alimentos e acarreta perda de nutrientes?	75
FIGURA 28 – Você consumiria alimentos irradiados?	75
FIGURA 29 – Você sabia que materiais farmacêuticos (fraldas descartáveis, gazes, seringas, agulhas, etc.) e alguns cosméticos disponíveis no mercado são esterilizados pelo processo de irradiação?	76
FIGURA 30 – Atualmente, para serem tratados, a maioria dos tipos de câncer, depende da energia nuclear. Se você soubesse que tem câncer, se submeteria a tratamentos que fazem uso da energia nuclear, como a radioterapia?	77
FIGURA 31 – As explicações sobre as aplicações da energia nuclear foram esclarecedoras para você?	79
FIGURA 32 – Os esclarecimentos sobre a irradiação de alimentos foram importantes para você?	80
FIGURA 33 – Depois dos esclarecimentos, você acredita que a energia nuclear também pode ser usada para fins pacíficos?.....	80
FIGURA 34 – Depois dos esclarecimentos recebidos, sua impressão sobre a energia nuclear para conservação de alimentos é.....	81
FIGURA 35 – Após esses esclarecimentos, você consumiria alimentos irradiados?	81

FIGURA 36 – Você acha que os alimentos que você consome, deveriam ter um selo indicando qual o método de conservação ou esterilização, que nele está sendo usado?	82
FIGURA 37 – Você gostaria de saber mais sobre esse assunto?.....	83
FIGURA 38 – Você acha que é direito de todo cidadão receber informações sobre os benefícios e malefícios da energia nuclear?.....	84
FIGURA 39 – Na sua opinião, essas informações devem ser transmitidas por meio de.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Bq – Becquerel (unidade de atividade radioativa)
CAC – *Consumers Association of Canada*
CAHA – Comitê Científico de Alimentação Humana
CENA – Centro de Energia Nuclear na Agricultura
CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear
 ^{60}Co – Cobalto 60
DTA – Doenças Transmitidas por Alimentos
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAFIL – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras
FAO – *Food and Agriculture Organization*
FDA – *Food and Drug Administration*
FFDCA – *Federal Food, Drug and Cosmetic Act*
Gy – Gray
IAEA – *International Atomic Energy Agency*
INCQS – Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde
kGy – QuiloGray
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
OCDE – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
OCEM – Orientações Curriculares para o Ensino Médio
PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN₊ – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
RDC – Resolução da Diretoria Colegiada
SIH – Sistema de Informações Hospitalares
SVS – Secretaria de Vigilância em Saúde
USDA – *United States Department of Agriculture*
WHO – *World Health Organization*

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – Considerações gerais

Atualmente, muitos são os métodos empregados no processamento e conservação dos alimentos, como a pasteurização, o congelamento, o resfriamento entre outros. Dentre esses métodos, merece destaque a irradiação de alimentos, que consiste em submeter o alimento a doses controladas de radiação ionizante.

A radiação ionizante é um fenômeno natural existente em nosso planeta desde a sua origem. A primeira proposta documentada para o uso da radiação ionizante na conservação de alimentos surgiu em 1905, requerida por Appleby e Banks (CENA, 2012).

A irradiação de alimentos tem a finalidade de aumentar o tempo de prateleira dos alimentos, pois é muito comum ocorrer deterioração do alimento durante o período de armazenamento e transporte, devido à reprodução de microrganismos deteriorantes que se multiplicam rapidamente nos alimentos, causando sabores e odores desagradáveis; sendo assim, o processo de irradiação contribui para beneficiar a distribuição e comercialização dos alimentos.

Cada vez mais, o consumidor está preocupado com a qualidade de vida e com a qualidade dos alimentos que consome; nesse sentido, a irradiação de alimentos, além de reduzir a carga microbiana presente em carnes de modo geral, inibir ou retardar o processo germinativo nos bulbos e tubérculos, retardar a maturação de frutas e legumes, combater os parasitas e pragas que deterioram os alimentos e esterilizar os insetos que atacam as plantações, é também utilizada para aumentar a segurança alimentar.

O principal objetivo dos estudos sobre a irradiação de alimentos é

oferecer aos consumidores alimentos com melhor qualidade e higiene, mantendo sempre as suas propriedades nutricionais.

A utilização da radiação ionizante para a conservação de alimentos é estudada há várias décadas e está regulamentada pelo *Food and Drug Administration* (FDA) desde 1963; a partir de 1997, a *World Health Organization* (WHO) liberou a utilização da técnica para todo tipo de alimento, após estudos comprovarem que a técnica não é nociva à saúde.

No Brasil, os primeiros estudos sobre a irradiação de alimentos foram realizados pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) na década de 50; atualmente a legislação brasileira segue as recomendações internacionais sugeridas pela *Food and Agriculture Organization* (FAO), *International Atomic Energy Agency* (IAEA) e *Codex Alimentarius*.

No entanto, apesar da tecnologia de irradiação de alimentos já estar aprovada e regulamentada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), muitos ainda são os obstáculos que impedem a completa comercialização de alimentos irradiados no Brasil; dentre eles, está a baixa aceitação do consumidor por este tipo de alimento.

O uso comercial da tecnologia de irradiação de alimentos cresce lentamente devido a interpretações equivocadas por grande parte dos consumidores brasileiros, que possuem uma ideia preconcebida, que pode estar relacionada com a imagem negativa que a energia nuclear deixou em todo o mundo.

Para a verificação das informações recebidas por consumidores brasileiros, durante o período escolar, sobre as diversas aplicações da energia nuclear, optou-se por uma análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), tanto na disciplina de Ciências Naturais do Ensino Fundamental II, quanto nas disciplinas de Física e Química do Ensino Médio.

Também foram analisados os documentos oficiais educacionais

referentes ao Ensino Fundamental e Médio dos Estados Unidos, da França e da China.

O Brasil foi escolhido por se tratar do país onde foi realizada a pesquisa; os demais países foram escolhidos devido à maior facilidade no acesso aos documentos e por se tratarem de países que possuem boas referências na área da educação.

1.2 – Objetivos

Os objetivos principais deste trabalho foram:

- Avaliar a aceitação de consumidores brasileiros em relação ao consumo de alimentos irradiados.
- Verificar as informações recebidas por esses consumidores sobre o processo de irradiação de alimentos durante o período escolar.
- Fazer uma análise do currículo escolar brasileiro desde o Ensino Fundamental II até o Ensino Médio, sobre o ensino das aplicações da energia nuclear.
- Comparar o conteúdo ensinado no Brasil com o conteúdo abordado nos demais países pesquisados (Estados Unidos, França e China).

2 – REVISÃO DA LITERATURA

2.1 – Segurança alimentar

Atualmente, os consumidores estão cada vez mais preocupados com a qualidade de vida e, conseqüentemente, com a qualidade dos alimentos que consomem; mas, apesar disso, a ocorrência de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA), ainda é um grande problema de saúde pública em nível mundial, mesmo com todo o avanço tecnológico dos últimos tempos, nas áreas de controle e produção dos alimentos (Brasil, 2010).

As DTA são causadas pela ingestão de alimentos ou bebidas contaminadas com patógenos, em quantidades que afetam a saúde do consumidor. Além destes patógenos, essas doenças também podem ser causadas por produtos químicos venenosos e outras substâncias nocivas.

Segundo a *Food and Agriculture Organization* (FAO), estima-se que cerca de 30% da produção mundial de alimentos seja perdida anualmente devido a pragas, bactérias e fungos que atacam e destroem as colheitas, sendo assim, a perda econômica associada a doenças causadas por ingestão de alimentos contaminados por microrganismos patogênicos é praticamente incalculável.

De acordo com o *Food and Drug Administration* (FDA), mais de 33 milhões de americanos adoecem anualmente por contaminação microbiana e estima-se que, no Canadá, ocorram mais de 2 milhões de casos por ano.

Segundo a WHO, no Brasil, a maioria das doenças transmitidas por alimentos são causadas pela *Salmonella*, *Escherichia coli* patogênica e *Clostridium perfringens*, pelas toxinas do *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*.

Nos Estados Unidos, há alta incidência de contaminação por *salmonella*; os custos anuais estimados variaram de US\$ 1,3 a US\$ 4,0 bilhões, em decorrência de despesas médicas, ausência ao trabalho e quebras na produtividade (Taitt, 2004).

De acordo com a Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), o número de internados por DTA, no Brasil, registrado pelo Sistema de Informações Hospitalares (SIH) no período de 1999 a 2004, custou aos cofres públicos, 280 milhões de reais, com média de 46 milhões de reais por ano, um recurso que poderia ser destinado a tantas outras necessidades emergenciais do país.

Vários fatores contribuem para a emergência de DTA, dentre os quais podem ser destacados: o crescente aumento das populações; a existência de grupos populacionais vulneráveis ou mais expostos; o processo de urbanização desordenado e a necessidade de produção de alimentos em grande escala (Brasil, 2010).

Uma alternativa para a solução desse problema pode ser o uso de métodos de conservação empregados no processamento dos alimentos; dentre eles, estão conservação pelo calor, pelo frio, pelo controle de umidade, por defumação, por adição de solutos, por fermentação, por aditivos químicos, por irradiação.

A irradiação de alimentos, por ter um futuro promissor, ser considerado um método eficaz, limpo e que faz uso da tecnologia nuclear, é o método de conservação de alimentos que merece destaque e discussão neste trabalho.

2.2 – A tecnologia de irradiação de alimentos

A irradiação de alimentos é um método físico de conservação, semelhante a tantos outros, assim como o congelamento, a refrigeração e a pasteurização, ao qual o alimento é submetido a doses minuciosamente controladas de radiação ionizante.

O processo consiste na exposição dos alimentos, embalados ou a granel, a radiações ionizantes como raios gama, raios-x ou feixe de elétrons. A fonte mais comum de raios gama, para o processamento de alimentos é o radioisótopo Cobalto 60 (^{60}Co). A irradiação de alimentos ocorre em temperatura ambiente; portanto, o alimento pode ser acondicionado em embalagens plásticas ou de papel antes mesmo de ser irradiado.

O irradiador, FIG.1, é instalado no interior de uma sala blindada, cujas paredes contêm aproximadamente dois metros de espessura de concreto. O produto a ser irradiado é levado por um sistema de esteiras para dentro do ambiente de irradiação, onde recebe uma quantidade desejada de radiação ionizante, previamente calculada de acordo com cada tipo de alimento, emitida pela fonte; após esta etapa o produto é removido ainda por esteiras automáticas. No caso de reparos na instalação, a fonte de energia é desligada e mergulhada numa piscina com água para que a energia da radiação seja absorvida, oferecendo assim, proteção aos operadores (CENA/USP, 2012).

FIGURA 1 – Irradiador multipropósito do IPEN, em detalhe sua fonte de radiação

A fonte de radiação deve ser adequadamente protegida por blindagem para que não haja contato algum entre a fonte e o produto que está sendo irradiado; além disso, não deve tornar o produto radioativo; por isso, é importante a correta aplicação da tecnologia.

2.3 – Regulamentação e trajetória da irradiação de alimentos

A utilização da radiação ionizante na esterilização de alimentos é estudada desde o início do século XX e está regulamentada pelo *Food and Drug Administration* (FDA) desde 1963; a partir de 1997, a *World Health Organization* (WHO) liberou a utilização da técnica para todo tipo de alimento, após estudos comprovarem que a técnica não é nociva à saúde (Fumento, 1994; Loaharanu, 1994; Delincée et al., 1998; Spolaore et al., 2001).

Atualmente, cerca de 60 países possuem legislação autorizando o uso da radiação ionizante para conservação de mais de 100 tipos de alimentos; entre os países, estão: África do Sul, Alemanha, Arábia Saudita, Argentina, Austrália, Bangladesh, Bélgica, Brasil, Bulgária, Canadá, Chile, China, Coreia do Sul, Colômbia, Croácia, Cuba, Espanha, Estônia, Estados Unidos, Filipinas, Finlândia, França, Gana, Holanda, Hungria, Índia, Indonésia, Irã, Israel, Itália, México, Nigéria, Peru, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Romênia, Sérvia e Monte Negro, Síria, Tailândia, Turquia, Venezuela e Vietnã (IAEA, 2012).

O Brasil segue as recomendações internacionais sugeridas pela *Food and Agriculture Organization* (FAO), *International Atomic Energy Agency* (IAEA) e *Codex Alimentarius*.

Segundo Brasil (2001), as normas vigentes para o emprego da tecnologia de irradiação de alimentos estão descritas na Resolução da Diretoria Colegiada nº 21 (RDC nº 21) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), segundo a qual qualquer alimento poderá ser tratado por radiação, desde que sejam observadas as seguintes condições:

- a dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida;
- a dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e/ou os atributos sensoriais do alimento.

A Instrução Normativa nº 9, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), complementa a (RDC nº 21), reconhecendo o uso da radiação ionizante como tratamento fitossanitário, cujo objetivo é prevenir a introdução ou disseminação de pragas quarentenárias, ou seja, aquelas que têm impacto nas exportações e importações de produtos alimentícios (Brasil, 2011).

Segue a evolução da legislação para irradiação de alimentos no Brasil (TAB.1).

TABELA 1 – Evolução da legislação para irradiação de alimentos no Brasil

Código/Nome	Ementa	Observações
Decreto – Lei nº 986 de 21 de outubro de 1969	Estabelece normas gerais sobre alimentos.	Início da movimentação sobre legislação brasileira sobre irradiação de alimentos.
Decreto – Lei nº 72.718, de 29 de agosto de 1973	Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos.	Somente será autorizada a irradiação de alimentos ou grupos de alimentos sobre os quais se disponha de trabalhos técnicos e científicos, desenvolvidos por instituições de pesquisa, nacionais ou internacionais, devidamente aprovados pelo CNEN. Normas gerais para processamento, estocagem, transporte, importação e exportação, venda e consumo de alimentos irradiados. Estabelece o logo da Radura no Rótulo do Produto Irradiado.

(continuação)

TABELA 1 – Evolução da legislação para irradiação de alimentos no Brasil.

Código/Nome	Ementa	Observações
Portaria DINAL nº 9, de 8 de março de 1985 MS (revogada)	Em conjunto com o CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) e o INCQS (Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde) da FIOCRUZ.	Resolvem:
Portaria DINAL nº 30, de 25 de setembro de 1989 MS (revogada)		Aprovar normas gerais para irradiação de alimentos no Brasil, indicando para cada caso o tipo, nível e dose média de energia de radiação e o tratamento prévio, conjunto ou posterior. Limitam dose a 10 kGy. Proíbem a reirradiação. Ampliação e autorização a outros tipos de alimentos que não constavam da portaria anterior.
Resolução ANVISA – RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001	Regulamento técnico para irradiação de alimentos.	Qualquer alimento poderá ser tratado por irradiação, desde que sejam observadas as seguintes condições: - a dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida; - a dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou atributos sensoriais do alimento.
Instrução Normativa nº 9 (MAPA)	Reconhece o uso da radiação ionizante como tratamento fitossanitário.	Prevenir a introdução ou disseminação de pragas quarentenárias.

Fonte – ANVISA, 2011.

Segundo os pareceres publicados pelo Comitê Científico de Alimentação Humana (CCAH), da União Europeia, o processo de irradiação de alimentos é inócuo à saúde humana, desde que tomadas as precauções e cuidados com as dosagens aplicadas (CCAH, 2012). Nesse sentido, os avanços internacionais ocorridos durante a trajetória para a legalização da irradiação de alimentos no mundo, vêm ocorrendo há anos (TAB.2).

TABELA 2 – Trajetória da irradiação de alimentos nos EUA

Ano	Evento
1905	Concedida patente para um processo de preservação de alimentos que utiliza radiação ionizante para matar bactérias em alimentos.
1921	É concedida aos Estados Unidos uma patente para o processo que mataria <i>Trichinella spiral</i> em carnes, utilizando tecnologia de raios-x.
1953-1980	O governo dos Estados Unidos cria o Programa Nacional de Irradiação de Alimentos. Dentro desse programa, o Exército dos Estados Unidos e a Comissão de Energia Atômica patrocinam numerosos projetos de investigação sobre a irradiação de alimentos.
1958	A lei Federal sobre Alimentos, Medicamentos e Cosméticos (<i>Federal Food, Drug and Cosmetic Act –FFDCA</i>) é alterada e define as fontes de radiação destinadas à utilização no processamento de alimentos como um novo aditivo alimentar. Lei administrada pelo FDA.
1963	O FDA aprova a irradiação para controlar insetos em trigo e farinha.
1964	O FDA aprova irradiação para inibir a germinação em batatas brancas.

(continuação)

TABELA 2 – Trajetória da irradiação de alimentos nos EUA

Ano	Evento
1964-1968	O Exército dos Estados Unidos e a Comissão de Energia Atômica fazem uma petição ao FDA para a aprovação da irradiação de diversos materiais para embalagem.
1966	O Exército dos Estados Unidos e o USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) fazem uma petição ao FDA para a aprovação da irradiação de presunto.
1971	FDA aprova a irradiação de diversos materiais para embalagens com base na petição de 1964-1968 feita pelo Exército dos Estados Unidos e pela Comissão de Energia Atômica.
1976	O Exército dos Estados Unidos contrata companhias comerciais para o estudo da salubridade dos irradiados: presunto, carne de porco e carne de frango.
1980	USDA associa-se ao Exército dos Estados Unidos no programa de irradiação de alimentos.
1985	FDA aprova irradiação em doses específicas para controlar <i>Trichinella spiral</i> em carne de porco. FDA aprova irradiação em doses específicas para retardar o amadurecimento, inibir o crescimento, e desinfetar alimentos, incluindo vegetais e especiarias.
1986	A Lei Federal de Inspeção de Alimentos dos Estados Unidos é alterada para permitir a radiação gama para controlar <i>Trichinella spiral</i> em carne de porco fresca ou previamente congelada. A lei é administrada pelo USDA.
1990	FDA aprova irradiação de aves domésticas para o controle de <i>Salmonella</i> e outras bactérias de origem alimentar.

(continuação)

TABELA 2 – Trajetória da irradiação de alimentos nos EUA

Ano	Evento
1992	USDA aprova irradiação de aves domésticas para o controle de <i>Salmonella</i> e outras bactérias de origem alimentar.
1997	Regulamentos do FDA foram alterados para permitir as radiações ionizantes no tratamento de refrigerados ou congelados não cozidos de carnes, produtos derivados, e de certos produtos alimentares para controlar os agentes patogênicos de origem alimentar, e para aumentar a vida de prateleira.
2000	Regulamentos do USDA foram alterados para permitir as radiações ionizantes no tratamento de refrigerados ou congelados não cozidos de carnes, produtos derivados, e de certos produtos alimentares para controlar os agentes patogênicos de origem alimentar e para aumentar a vida de prateleira. Regulamentos do FDA foram alterados para permitir a irradiação de casca de ovos frescos para o controle de <i>Salmonella</i> .

Fonte - United States General Accounting Office – EPA/USA, 2011.

2.4 – Rotulagem

Segundo a ANVISA, a RDC nº 21 exige que, na rotulagem dos alimentos irradiados, além dos dizeres gerais e específicos exigidos para os alimentos, deve constar no painel principal: "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.

Exige-se também que, 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.

Outra exigência da RDC nº 21 é que, nos locais de exposição à venda de produtos a granel irradiados, deve ser afixado cartaz, placa ou assemelhado com a seguinte informação: "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO" (FIG.2).

Facts about food irradiation

FIGURA 2 – Produtos irradiados oferecidos a granel

No Brasil, existem vários alimentos tratados por radiação ionizante. A FIG.3 apresenta alguns dos alimentos que consumimos e que possuem na sua composição ingredientes tratados pelo processo de irradiação. Inclusive, dependendo do fabricante, observa-se em seus rótulos os dizeres exigidos pela ANVISA.

FIGURA 3 – Alimentos que possuem ingredientes tratados por irradiação

Segundo Fox (2002), quanto à rotulagem dos produtos, para a maioria dos consumidores informados, o que realmente faz a diferença é a eficácia da tecnologia. Os consumidores, quando questionados se prefeririam a pasteurização ou a irradiação, 62% deles preferiram a irradiação (100% seguro) à pasteurização (99% seguro). Assim, para a maioria, a escolha é influenciada mais

pela segurança alimentar do que pelos nomes contidos nos seus rótulos. O símbolo radura é utilizado para identificar alimentos irradiados (FIG.4).

FIGURA 4 – Radura: símbolo internacional utilizado para identificar alimentos irradiados

Atualmente, além da utilização da técnica de irradiação de alimentos em produtos cárneos, a irradiação também é utilizada para a redução da carga microbiana de alimentos minimamente processados ou prontos para o consumo (alimentos frescos submetidos à classificação, lavagem, sanitização, descascamento, corte, acondicionamento e armazenamento refrigerado).

Dessa forma, alimentos frescos irradiados também devem ser identificados para que o consumidor seja informado sobre qual método foi utilizado para conservação do alimento. A FIG.5 mostra alimentos tratados pelo processo de irradiação e identificados com o símbolo radura.

FIGURA 5 – Alimentos irradiados e identificados com o símbolo radura

2.5 – Finalidades da irradiação de alimentos

Uma das finalidades da irradiação de alimentos é aumentar o tempo de

prateleira dos alimentos, pois é muito comum ocorrer a deterioração do alimento durante o período de armazenamento e transporte, devido à reprodução de microrganismos deteriorantes que se multiplicam rapidamente, causando sabores e odores desagradáveis; sendo assim, o processo de irradiação contribui para beneficiar a distribuição e comercialização dos alimentos.

Vale lembrar que a técnica de irradiação não é adequada para todo tipo de alimento e da mesma forma que outros métodos de conservação de alimentos, a tecnologia de irradiação não permite a inversão do processo; jamais um alimento com sujidades ou deteriorado se tornará próprio para o consumo (Maliska, 2000; Fan & Sokoral, 2002).

Segundo Villavicencio (1998), o processamento pela radiação ionizante para a maioria dos alimentos é seguro e eficiente, mas nem por isso dispensa as boas práticas de manuseio e fabricação. O principal objetivo dos estudos sobre a irradiação de alimentos é oferecer aos consumidores alimentos com melhor qualidade e higiene, mantendo sempre suas propriedades nutricionais.

Pelo fato do consumidor estar preocupado com a qualidade de vida e consequentemente, com a qualidade da sua alimentação a irradiação de alimentos pode contribuir para:

- redução da carga microbiana presente em carnes;
- inibição ou retardo do processo germinativo em bulbos e tubérculos;
- retardo da maturação de frutas e legumes;
- eliminação de parasitas e microrganismos patogênicos que deterioram os alimentos;
- desinfestação de cereais e grãos;
- desinfecção de ervas e especiarias;
- esterilização de insetos.

As propriedades organolépticas da maioria dos alimentos não se alteram, desde que obedecidas as doses de radiação, recomendadas para cada

tipo de alimento (Farkas, 2006).

As doses aplicadas variam de acordo com o objetivo desejado em cada tipo de alimento, TAB.3, e são medidas em Gray (Gy) ou QuiloGrays (kGy). Um Gray equivale a um Joule de energia por quilograma de alimento irradiado.

São consideradas:

- doses baixas, as menores que 1 kGy;
- doses médias, as que variam de 1 kGy a 10 kGy ;
- doses elevadas, as maiores que 10 kGy.

TABELA 3 – Dose de radiação aplicada para cada tipo de alimento

Propósito	Dose (kGy)	Produtos
Dose reduzida (< 1 kGy)		
Inibir a germinação	0,05 – 0,15	Batata, cebola, alho etc.
Eliminar insetos e parasitas	0,15 – 0,50	Cereais, legumes, frutas frescas e secas, peixe e carnes frescos e secos
Retardar processos fisiológicos (amadurecimento)	0,50 – 1,0	Frutas e hortaliças frescas
Dose média (1 a 10 kGy)		
Prolongar tempo de conservação	1,0 – 3,0	Peixe fresco, morangos etc.
Eliminar microrganismos alternantes e patogênicos	1,0 – 7,0	Marisco fresco e congelado, carne de aves e de animais de abastecimento crua ou congelada
Melhorar propriedades tecnológicas do alimento	2,0 – 7,0	Uvas (aumenta a produção de suco), verduras desidratadas (diminui o tempo de cocção)

(continuação)

TABELA 3 – Dose de radiação aplicada para cada tipo de alimento

Propósito	Dose (kGy)	Produtos
Dose elevada (10 a 50 kGy)^a		
Esterilização industrial (combinada com calor suave)	30 – 50	Carne, aves, mariscos, alimentos prontos, dietas hospitalares estéreis
Descontaminar certos aditivos alimentícios e ingredientes	10 – 50	Especiarias, preparações enzimáticas, goma natural

^a: utiliza-se apenas com finalidades especiais

Fonte – CNEN, 2010.

A TAB.4 ilustra a diferença entre o tempo de vida útil de alguns alimentos não irradiados e irradiados.

TABELA 4 – Vida útil de alimentos não irradiados e irradiados

Produto	Vida útil sem Irradiação (dias)	Vida útil com Irradiação (dias)
Alho	120	300
Arroz	365	1095
Banana	15	45
Batata	30	180
Cebola	60	180
Farinha	180	730
Legumes e Verduras	5	18
Papaia	7	21
Manga	7	21
Milho	365	1095
Frango refrigerado	7	30
Filé de pescada refrigerado	5	30
Morango	3	21
Trigo	365	1095

Fonte – CENA/USP, 2012.

Normalmente, o processo de irradiação produz poucas alterações químicas nos alimentos; segundo o FDA, uma quantidade mínima de produtos radiolíticos é detectada, cerca de 3 miligramas por quilograma de alimento. Mesmo que o alimento fosse exposto a altas doses de radiação ionizante, o nível máximo de radioatividade induzida seria de apenas 1/1000 Bq (um milésimo de um becquerel) por quilograma de alimento, o equivalente a 200 000 vezes menor que a radioatividade (150 – 200 Bq) presente naturalmente nos alimentos (CGEE, 2010).

Por ser considerado de extrema importância, segue o detalhamento de cada uma das vantagens da irradiação de alimentos que contribuem para o aumento da segurança alimentar.

2.5.1 – Redução da carga microbiana presente em carnes

O crescimento de microrganismos nas carnes é uma constante preocupação da indústria, além de ser também um grande problema de saúde pública. Normalmente as carnes são acomodadas em ambientes refrigerados, pois de modo geral, a velocidade das reações químicas é menor em baixas temperaturas; portanto, a formação de radicais livres é inibida quando o alimento a ser irradiado encontra-se congelado (Murano, 1995).

No CENA, foi realizado por Siqueira (2001) um estudo para aumentar o tempo de validade das tilápias sem congelamento prévio, as quais foram apenas resfriadas e então irradiadas. A intenção é que o consumidor não perca a praticidade e a qualidade de um alimento fresco e também a facilidade no preparo. O estudo foi efetuado em filés ou postas de tilápias, sem escamas, já prontas para o consumo. Com o aumento do prazo de validade sem modificar as características do alimento, ficou evidente a eficiência da técnica de irradiação, em doses baixas, para a conservação das tilápias.

Segundo Chander et al. (2003), o uso de altas doses, acima de 10 kGy, altera significativamente as características sensoriais, como cor, sabor e textura das carnes de modo geral. A FIG.6 exemplifica algumas carnes irradiadas.

FIGURA 6 – Exemplos de carnes irradiadas

Segundo Lagunas-Solar (1995), para minimizar a formação de produtos radiolíticos e manter as propriedades organolépticas dos alimentos, recomenda-se a combinação entre as técnicas de congelamento (a vácuo ou não), e a irradiação para a redução da carga microbiana presente nas carnes.

De acordo com Leonel (2008), a eliminação de coliformes fecais/totais foi efetiva na irradiação da carne de frango congelada e embalada a vácuo e segundo Alves (2008), a irradiação da carne de cordeiro rendeu excelentes resultados quanto a redução da carga microbiana, não alterando significativamente as características sensoriais do alimento.

2.5.2 – Inibição ou retardo do processo germinativo em bulbos e tubérculos

O tratamento por irradiação pode ser aplicado para inibir brotamento, em bulbos e tubérculos, auxiliando no processo de distribuição e comercialização desses produtos. Para cada tipo de alimento, são necessárias pesquisas para determinar qual a dose de radiação ideal a ser aplicada. A ANVISA recomenda que se use uma dose que maximize o tempo de conservação do alimento e minimize as perdas de ordem nutricional e organoléptica.

No caso da cebola, a brotação é um dos principais problemas de conservação após a colheita. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA (2012), o armazenamento refrigerado da cebola em temperaturas entre 5 e 15 °C acelera a brotação e por isso estas temperaturas devem ser evitadas durante o armazenamento. A brotação da cebola pode ser controlada com a irradiação.

Um estudo feito por Wiendl et al. (1995), mostrou que a produtividade aumentou consideravelmente quando as sementes de cebolas comuns foram substituídas por sementes irradiadas a baixas doses. A pesquisa evidenciou que o uso da tecnologia de irradiação sugere um futuro promissor para os agricultores do ramo. Na FIG.7, são apresentados exemplos de cebola e batata irradiadas, com a finalidade de aumentar a vida útil de prateleira. Como pode ser observado, houve a inibição da brotação nas amostras irradiadas.

FIGURA 7 – Exemplos de tubérculos e bulbos não irradiados e irradiados, respectivamente

2.5.3 – Retardo da maturação de frutas e legumes

No caso das frutas e legumes, a irradiação pode aumentar o tempo de prateleira, retardando o tempo de maturação.

Segundo o CGEE (2010), o mamão papaia e a manga são os primeiros da lista das frutas que devem ser irradiadas para serem exportadas para os Estados Unidos, que exigem a importação de frutas de países preocupados com o controle biológico da mosca-das-frutas, considerada uma praga quarentenária.

Para o controle da mosca-das-frutas, no caso da manga, o Brasil utiliza a técnica de imersão, que consiste em mergulhar a manga em água quente (46,1°C), por um período de aproximadamente uma hora e meia (EMBRAPA, 2012).

Embora esse procedimento seja aceito pela legislação dos EUA, pode comprometer a qualidade dos frutos, acelerando sua maturação; portanto, a

utilização da técnica da irradiação é uma boa saída para o Brasil na exportação de mangas (FIG.8).

FIGURA 8 – Mangas irradiadas identificadas com o símbolo - Radura

É muito promissora a utilização da técnica de irradiação nas frutas brasileiras, como mostra a FIG.9, pois além de ajudar a manter a firmeza dos frutos por mais dois ou três dias, o que pode significar um aumento de 30% a 50% na vida útil do fruto, permitirá suas exportações por meio de embarques marítimos, os quais são bem mais baratos que os aéreos, com uma qualidade aceitável e competitiva até o consumidor final (CGEE, 2010).

FIGURA 9 – Exemplos de frutas irradiadas e não irradiadas

O Brasil tem chances de expandir ainda mais as exportações de frutas para exigentes mercados consumidores, pois a Instrução Normativa nº 9 reconhece o uso da radiação ionizante como tratamento fitossanitário, cujo objetivo é prevenir a introdução ou disseminação de pragas quarentenárias, ou seja, aquelas que têm impacto nas exportações e importações (Brasil, 2011).

2.5.4 – Desinfestação de cereais e grãos

O principal interesse na irradiação de grãos é o controle da infestação por insetos que comprometem a qualidade dos alimentos. O próprio inseto, na sua atividade metabólica, produz microrganismos que acarretam mais perdas e redução no valor nutritivo dos alimentos.

A infestação por insetos e roedores se dá principalmente na pós-colheita no período de armazenagem, as traças e os carunchos, FIG.10, são os principais responsáveis pelas grandes perdas dos grãos armazenados (Arthur, 1988).

FIGURA 10 – Exemplos de alimentos infestados na pós-colheita

Atualmente, são conhecidos os valores de umidade adequados para estocagem e, portanto, devem ser respeitados para que, durante o período de armazenamento, a qualidade do grão seja mantida.

Quando comparada a tratamentos químicos, como, por exemplo, o brometo de metila, a irradiação é uma alternativa mais atrativa e saudável, cujo objetivo é preservar e desinfestar grãos e cereais durante o período de estocagem, para reduzir as perdas e estender a vida útil do alimento.

Além das vantagens já mencionadas, a irradiação do feijão, FIG.11, promove a diminuição da dureza dos grãos e também o tempo de cocção (Toledo et al., 2007).

FIGURA 11 – Exemplos de grãos irradiados e não irradiados

2.5.5 – Desinfecção de ervas e especiarias

As especiarias, FIG.12, como os condimentos e as ervas aromáticas desidratadas, de modo geral, já são irradiadas no Brasil e na maioria dos demais países que utilizam a técnica de irradiação. Esses produtos, normalmente possuem uma carga microbiana elevada e, portanto, necessitam ser esterilizados para garantir maior segurança alimentar ao consumidor.

FIGURA 12 – Exemplos de ervas aromáticas e especiarias

As especiarias, na sua grande maioria, são normalmente produzidas por países cuja colheita e armazenagem são consideradas inadequadas quanto à higiene alimentar. Dessa forma, ficam expostas a um alto nível de contaminação natural por bactérias, fungos e coliformes fecais (Sádecká, 2007).

Podem estar presentes, nessa contaminação natural, organismos como a *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus* e fungos toxicogênicos. Para se ter uma ideia, é considerado comum, contagem de placa bacteriana indicando um número em torno de 100 milhões por grama de especiaria (Bendini et al., 1998). Porém, é de fundamental importância que esse número não exceda ao limite aceitável de 10 mil organismos por grama ($10^4 \cdot g^{-1}$) de especiaria (Farkas, 2006).

A esterilização por meio da irradiação é um método alternativo em relação ao uso de aditivos químicos que deixam resíduos nos alimentos, cuja agressão à saúde humana e ao meio ambiente é comprovada (CGEE, 2010).

A técnica de irradiação é uma das mais utilizadas para a descontaminação de ervas aromáticas e especiarias, pela sua eficiência no controle de fungos e bactérias, cuja ingestão pode trazer problemas sérios à saúde. A FIG.13 mostra ervas aromáticas e especiarias irradiadas.

FIGURA 13 – Exemplos de ervas aromáticas e especiarias irradiadas

2.5.6 – Esterilização de insetos

A radiação ionizante é um dos métodos alternativos no controle de insetos e já é bastante usado em vários países, inclusive no Brasil. O professor Valter Arthur, do CENA, que também é pesquisador na área de radioentomologia, irradia pupas visando a esterilização de adultos machos para controlar a espécie

no campo; esse método é chamado Técnica do Inseto Estéril, que consiste em liberar na lavoura uma grande quantidade de machos estéreis que, ao acasalar com a fêmea, não deixará descendentes (Arthur, 1997; Arthur et al., 2001).

O Brasil criou e instalou no Vale do São Francisco a biofábrica chamada Moscamed Brasil, com o objetivo de produzir inseto estéril para o controle da mosca-das-frutas ou mosca-do-mediterrâneo, FIG.14, pois mercados como a União Europeia, os Estados Unidos e o Japão exigem controle fitossanitário para a importação de frutas (CGEE, 2010).

FIGURA 14 – Mosca-das-frutas ou Mosca-do-mediterrâneo

2.6 – Aceitação de alimentos irradiados

No entanto, apesar da tecnologia de irradiação de alimentos já estar aprovada e regulamentada, muitos ainda são os obstáculos que impedem a completa comercialização de alimentos irradiados no Brasil. Na verdade, não são limitações de natureza técnica ou científica, mas relacionadas ao custo de sua utilização e de aceitação pelo consumidor (Ornellas et al., 2006).

Em locais onde não há educação agrícola adequada, o foco do produtor está na redução do custo e no aumento do volume de produção, ficando em segundo plano a qualidade do alimento (Wieland et al., 2010).

O uso comercial também cresce lentamente devido a interpretações equivocadas por grande parte dos consumidores brasileiros, que possuem uma ideia preconcebida, que pode estar relacionada com a imagem negativa que a

energia nuclear deixou ao mundo após as bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki, na Segunda Guerra Mundial, o acidente nuclear de Chernobyl e, especificamente no Brasil, o desastre com o Césio 137, em Goiânia, e ainda devido à interpretação errônea existente entre os termos irradiação e radioatividade, frequentemente relacionados aos malefícios causados à saúde (França, 2000; Boaventura, 2004; Ornellas et al., 2006; Kuramoto, 2008).

Segundo Fox (2002), os consumidores não reagem de forma positiva quando questionados sobre o consumo de alimentos irradiados, pois associam consumo de alimentos irradiados com maior risco de aparecimento de câncer. Além disso, os consumidores são expostos a informações desfavoráveis sobre a irradiação de alimentos feita pelos adversários. Os efeitos desfavoráveis à irradiação de alimentos podem ser neutralizados, se os esforços forem concentrados na educação dos consumidores.

A aceitação de novas tecnologias de produção e processamento de alimentos por parte dos consumidores está diretamente relacionada à credibilidade e confiança nas fontes de informação. Quando devidamente informados sobre o que é, para que serve e quais os benefícios da tecnologia de irradiação de alimentos, grande parte dos consumidores passa a reagir de forma positiva, quanto à aceitação da tecnologia (Frewer et. al., 1995; Frewer et. al., 1996; Cardello, 1997; Schultz et al., 1989; França, 2000; Spolaore et al., 2001; Miyagusku et al., 2003; Santos et al., 2003; Boaventura, 2004; Leal, 2005; Ornellas et al., 2006).

A atitude dos consumidores é essencial para impulsionar a aplicação comercial da irradiação de alimentos, pois as empresas hesitam em aplicar tal tecnologia por estarem preocupadas com a opinião do consumidor. Pesquisas são realizadas com o objetivo de analisar se o conhecimento sobre a tecnologia de irradiação tem influência na aceitação de alimentos irradiados por parte dos consumidores (Polhman et al., 1994; Hashim et al., 1996).

Mesmo com a falta de informação do consumidor, observou-se que os mesmos estão preocupados e interessados em saber a respeito da qualidade dos

alimentos que estão consumindo, desde a data de validade e registro de inspeção, até os riscos de intoxicação alimentar. Há tempos, o consumidor comprava os alimentos apenas pela sua aparência; atualmente, o consumidor está cada vez mais interessado nos benefícios trazidos pelas novas tecnologias; assim, pode-se notar uma tímida expansão no mercado dos irradiados (Francisco et al. 2007).

Quando se trata de tecnologias não convencionais para obtenção de alimentos, é necessário que haja investimento em programas de educação para que o consumidor adquira conhecimento, reduza seus medos e aceite o alimento tratado pela tecnologia em questão (Cardello, 1997).

Veja-se um panorama especial sobre a aceitação de alimentos irradiados dos consumidores dos Estados Unidos, França, China e Brasil, por serem os países escolhidos para este estudo. Contudo, exemplos de trabalhos realizados em outros países também serão apresentados com o intuito de intensificar a importância do assunto.

2.6.1 – Estados Unidos

Um estudo realizado com militares americanos revelou que esses tiveram um alto nível de interesse por alimentos irradiados quando receberam informação a respeito da tecnologia (Schutz & Cardello, 1997). A mesma pesquisa evidenciou que a aceitação dos militares aumentou após a exibição de um filme educativo. Dentre os que consideravam a irradiação um perigo para a saúde, após o filme, houve uma diminuição de 33% para 29% e, no grupo que já não considerava a irradiação como um perigo, houve um aumento expressivo de 8% para 27%.

Outra pesquisa realizada com 446 consumidores da Geórgia (EUA) mostrou que 72% dos consumidores tinham conhecimento sobre o processo de irradiação; mas, 87,5% deles não conheciam muito do assunto (Resurreccion et al., 1995). Foi também relatado no estudo que 30% dos consumidores acreditavam que os alimentos quando irradiados se tornavam radioativos.

Considerando uma escala de 1 a 10, em que 1 representa os não preocupados, e 10 os mais preocupados, a irradiação de alimentos foi avaliada com 7,3 revelando-se, portanto, uma considerável preocupação para os consumidores americanos pesquisados.

Apesar dos resultados não se apresentarem tão satisfatórios, constatou-se que houve maior preocupação com pesticidas, resíduos de medicamentos em animais, hormônios de crescimento, aditivos alimentares e bactérias do que a preocupação com a irradiação de alimentos.

Os autores constataram também que, após os consumidores receberem instruções sobre o processo de irradiação de alimentos, houve um aumento positivo na aceitação de alimentos irradiados.

Outra pesquisa, desta vez realizada na Universidade de Purdue, no Estado da Indiana (EUA), a respeito das informações sobre a irradiação de alimentos, levou o público e os profissionais da universidade a uma visão positiva sobre a tecnologia de irradiação.

Dos 89 pesquisados sobre a intenção de compra de alimentos irradiados, após assistirem a um filme de oito minutos, houve uma mudança positiva no conhecimento e a intenção de compra aumentou para 90% (Pohlman et al., 1994).

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos financiou um projeto no Estado da Califórnia e outro no Estado da Indiana, em que avaliou o impacto de um breve programa educacional na comunidade, sobre atitudes dos líderes e conhecimento sobre alimentos irradiados. Após uma rápida introdução, o filme *The Future of Food Preservation, Food Irradiation* foi exibido, seguido de um questionário e um resumo sobre os efeitos do processo de irradiação nos alimentos. O propósito do filme foi a aquisição de conhecimentos específicos sobre a irradiação, por parte dos consumidores, o que elevou o interesse pela compra de alimentos tratados por irradiação.

Inicialmente, 37% dos participantes tinham pouco conhecimento sobre a irradiação de alimentos e apenas 2% acreditavam que tinham muito conhecimento. Após a apresentação do filme, a porcentagem daqueles que acreditavam que tinham muito conhecimento aumentou de 2% para 21%, e a porcentagem daqueles que possuíam pouco conhecimento sobre a irradiação de alimentos aumentou de 37% para 59% (Bruhn & Mason, 1996).

Segundo He et al. (2005) e Cardello et al. (2007), a atitude das pessoas em relação à irradiação de alimentos ainda tende a ser negativa, pois, apesar da comunidade científica reconhecer a irradiação de alimentos como um processo efetivo e seguro, do grande esforço na educação, bem como o endosso dado por muitas organizações mundiais relacionadas à saúde, ainda existe resistência por grande parte dos consumidores quanto ao consumo de alimentos irradiados. Essa postura faz com que a aplicação da tecnologia na Europa e nos EUA não seja rapidamente expandida (DeRuiter & Dwyer, 2002).

Em 2006, espinafres contaminados com *E. Coli*, nos EUA, mataram três pessoas e outras 200 adoeceram. Após o episódio, o FDA deu permissão para a irradiação de espinafre e alface (Martin, 2009).

Segundo Martin (2009), Suresh Pillai, diretor do *National Center for Electron Beam Research at Texas A&M University*, comparou os temores da irradiação a fobias antigas sobre pasteurização do leite. "É desnecessário que as pessoas fiquem doentes, hoje, devido à presença de agentes patogênicos no espinafre ou patógenos na manteiga de amendoim", disse Pillai. "Temos a tecnologia para evitar este tipo de doença."

Os fabricantes de alimentos nos Estados Unidos temem que os aparentes benefícios não justifiquem o custo ou a reação do consumidor potencial. Alguns grupos de consumidores queixam-se de que a irradiação generalizada de alimentos após o processamento seria simplesmente usada para encobrir os problemas do setor de higiene dos alimentos.

No entanto, Pillai deixa claro que uma baixa dose de radiação pode ser

eficaz para eliminar vestígios de *Salmonella* na manteiga de amendoim - ou de produtos fabricados com pasta de amendoim - sem interferir no sabor, mas não iria funcionar como um substituto da higiene básica e medidas de segurança alimentar (Martin, 2009).

Preocupado com a segurança alimentar dos estudantes, desde 2004, o *United States Department of Agriculture* (USDA), autorizou o abastecimento de produtos irradiados na merenda escolar e restaurantes das escolas americanas (CGEE, 2010).

Atualmente, os Estados Unidos possuem cerca de 50 instalações comerciais e irradiam, principalmente, especiarias, frutas, carnes, frutos do mar, ração animal e produtos processados.

2.6.2 – França

Um estudo foi realizado em Lyon (França), em que morangos foram irradiados e oferecidos aos consumidores, numa grande rede de supermercados. Duas toneladas do produto foram acondicionadas em bandejas plásticas, etiquetadas *Protected by ionization* e com preço, 30% maior que o produto não irradiado. A pesquisa mostrou que o produto vendeu muito bem, embora o preço estivesse muito alto para uma comercialização em longo prazo. Os consumidores disseram que compraram os morangos irradiados devido a sua melhor qualidade (Laizier, 1987).

Atualmente a França possui 5 instalações comerciais, utilizadas, principalmente, para irradiar, especiarias, frango congelado desossado, carnes, pernas de rãs congeladas e lagostins.

2.6.3 – China

Segundo Zhicheng (1993), mais de 30 mil toneladas de alimentos irradiados foram comercializados na China; dentre eles estão os vegetais desidratados, as especiarias e temperos, o arroz, a cebola, a batata, o alho, os

produtos à base de carne, o tomate, a maçã, entre outros.

A aceitação de alimentos irradiados em Xangai (China) também foi alta (84%), após os consumidores terem recebido um folheto explicativo sobre o processo de irradiação de alimentos. Foram respondidos 634 questionários, em que a análise das respostas deixou claro que, quando o consumidor entende os benefícios da irradiação, como aumento da segurança alimentar, aumento da vida útil do alimento, entre outros, ele está disposto a consumir alimentos irradiados (Zhicheng, 1993).

Segundo a IAEA (2012), atualmente, a China é o maior usuário da tecnologia de irradiação de alimentos. Possui cerca de 70 instalações de irradiadores que irradiam, principalmente, alho, especiarias, frutas, legumes, carnes e outros vegetais secos.

2.6.4 – Brasil

Em 2006, na Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (USP/SP), foram realizadas entrevistas com voluntários cuja faixa etária era de 18 a 55 anos. Dos entrevistados, 42% deles não tinham conhecimento sobre a irradiação de alimentos e dentre aqueles que tinham conhecimento, 48% tinham pouco conhecimento e 10% tinham um conhecimento razoável (IPEN, 2012).

Segundo Silva et al. (2010), outro estudo realizado em Belo Horizonte (MG), com 66 docentes nutricionistas, que ministravam aulas em cursos de graduação em nutrição, constatou que 63,6% deles possuíam pós-graduação e 45,5% tinham mais de dez anos de experiência em docência superior. Dentre esses professores, 13,6% disseram desconhecer o que são alimentos irradiados.

Quando perguntado aos docentes nutricionistas se os alimentos quando irradiados se tornam radioativos, 12,1% deles afirmaram que sim. Contudo, verificou-se no estudo que 71,2% dos docentes desconheciam o processo de irradiação de alimentos.

Ainda, segundo os autores, 40,9% dos docentes consideraram que o consumo de alimentos irradiados traria benefícios à saúde do consumidor contra 53% que não acreditam em benefício algum.

Quanto à necessidade de rotulagem indicando se os alimentos são ou não tratados pelo processo de irradiação, 98,5% dos professores responderam positivamente.

Silva et al. (2010) concluíram que há desconhecimento sobre a técnica de irradiação entre os docentes, porém 80% deles afirmaram que consumiriam alimentos irradiados, caso conhecessem suas vantagens. Portanto, há evidências suficientes que o conhecimento desses professores é limitado no que diz respeito a irradiação de alimentos.

Os autores demonstraram preocupação com a formação dos futuros nutricionistas, os quais não receberão o mínimo de conhecimento necessário sobre a irradiação de alimentos, visto que o profissional da nutrição pode atuar como um transmissor de informações à população, tanto no sentido de alertar para os perigos da ingestão de alimentos contaminados quanto para disseminar os benefícios da irradiação de alimentos.

Outra pesquisa realizada no Brasil, por Ornellas et al. (2006), em que foram entrevistados 218 consumidores de Belo Horizonte (MG), revelou que cerca de 79% dos entrevistados possuíam graduação ou pós-graduação e aproximadamente 72% recebiam cinco ou mais salários mínimos.

Mesmo com o elevado grau de escolaridade dos entrevistados, cerca de 60% deles não sabiam que a irradiação de alimentos é um método de conservação e 16% deles pensavam que alimento irradiado é o mesmo que alimento radioativo.

Os pesquisadores constataram que 89% dos entrevistados consumiriam alimentos irradiados se soubessem que a irradiação aumenta a segurança alimentar.

A falta de informação do consumidor, sobre a irradiação de alimentos, é um fator limitante para a ascensão do mercado dos alimentos irradiados (Ornellas et al., 2006).

Atualmente o Brasil possui 5 instalações para a irradiação de alimentos. Os principais produtos alimentícios irradiados são especiarias, vegetais, ração animal, grãos e frutas.

2.7 – Outros países

Apesar das pesquisas estarem apontando para a melhora na aceitação de alimentos irradiados e o conhecimento científico estar atingindo os consumidores de países desenvolvidos, como os EUA, ainda há pouca conscientização pública sobre a irradiação de alimentos em outros países (Bruhn, 1995).

Optou-se por apresentar alguns trabalhos realizados também em outros países, para mostrar a importância mundial do assunto em questão, pois as pesquisas mostram que a falta de informação sobre o que é, e qual a finalidade da irradiação de alimentos, é geral.

2.7.1 – Argentina

Os primeiros produtos irradiados vendidos em um supermercado de Buenos Aires foram alho e cebola. Primeiramente, os consumidores receberam informações sobre a irradiação de alimentos pelas redes de TV, rádio e imprensa. Durante três dias de comercialização, dez toneladas de produtos irradiados foram vendidas. Os pesquisadores concluíram que o público responde positivamente quando informado sobre o processo de irradiação. Uma campanha de educação e aprovação pelo Ministério da Saúde seria crucial para uma boa aceitação pelos consumidores (Curzio et al., 1986; Curzio & Croci, 1990).

2.7.2 – Canadá

Um estudo efetuado pela *Consumers Association of Canada* (CAC), com 1006 canadenses, revelou que a preocupação com as bactérias é ligeiramente maior para produtos à base de carne do que para saladas verdes. Enquanto dois em cada cinco canadenses são muito preocupados com a carne de frango (45%) e carne de hambúrguer (44%), apenas um em cada três mostrou-se preocupados com a presença de bactérias em saladas verdes (CAC, 2012).

Verificou-se no estudo que 57% dos canadenses entrevistados nunca ouviram falar em alimentos irradiados.

Durante a pesquisa, foi feita uma breve explanação sobre os benefícios da tecnologia de irradiação de alimentos, principalmente no que diz respeito à segurança alimentar.

A partir daí, 66% dos consumidores canadenses passaram a apoiar a venda de alimentos irradiados, nos supermercados. Os consumidores acreditam que todos devem ter a opção de adquirir verduras, frango ou carnes de hambúrguer irradiados caso estejam preocupados com o risco de doenças que podem ocorrer devido à presença de bactérias prejudiciais existentes nos alimentos, as quais podem até levar à morte.

2.7.3 – Chile

Outro estudo realizado por Junqueira-Gonçalves et al. (2011), em Santiago (Chile), teve como objetivo realizar um levantamento sobre o nível de conhecimento e aceitação do público em relação aos alimentos irradiados. Por ser o Chile um país que tem um nível acima da média nas Américas do Sul e Central, os resultados podem dar uma boa indicação sobre a situação em outros países.

A pesquisa também forneceu uma indicação sobre a impressão do público sobre o símbolo internacional "radura", usado para indicar se um produto

alimentar foi irradiado.

Um total de 497 pessoas foi entrevistado. Dentre elas, 76,5% não sabiam que a irradiação pode ser usada como um método para a conservação de alimentos, 46% expressou uma convicção de que alimento irradiado significa o mesmo que alimento radioativo. No entanto, 91% afirmaram que iriam tornar-se consumidores de alimentos irradiados se soubessem que "irradiado" não é o mesmo que "radioativo" e que a irradiação aumenta consideravelmente a segurança alimentar; 95,8% das pessoas entrevistadas não estavam familiarizados com o símbolo radura. No entanto, 55,8% expressaram a opinião de que iriam comprar alimentos irradiados por causa do símbolo, afirmando que "a radura" transmite a sensação de confiança e segurança.

2.7.4 – Egito

Uma pesquisa realizada por El-Fouly et al. (1999), no Cairo (Egito), mostrou que das 1020 pessoas que responderam ao questionário, 62,43% aceitaram a tecnologia de irradiação, enquanto que 70,45% estavam convencidos sobre os benefícios dos alimentos irradiados. Os alimentos irradiados oferecidos ao público foram peixe defumado, frango, pimenta do reino, coentro, malva, fava e feijão.

A pesquisa indicou que as pessoas que degustaram os dois tipos de alimentos não indicaram qualquer diferença entre o alimento irradiado e o não irradiado. Ficou evidente também, que as pessoas classificaram os alimentos irradiados como alimentos de melhor qualidade que os não irradiados.

Algumas inquietações curiosas foram percebidas nos consumidores que não estavam convencidos sobre os benefícios da tecnologia de irradiação de alimentos; dentre elas, destacaram-se:

- pesquisas feitas com humanos e animais ainda não são suficientes nesta área;
- razões psicológicas;

- falta de confiança na manutenção do equipamento de radiação;
- acidente de Chernobyl e os efeitos colaterais que ocorreram;
- falta de clareza do termo irradiação;
- efeitos dos alimentos irradiados em crianças e mulheres grávidas são desconhecidos;
- medo do aparecimento de doenças cancerosas depois de comer alimentos irradiados;
- falta de programas educacionais sobre a irradiação de alimentos por meio de órgãos como a Organização Mundial de Saúde entre outros organismos internacionais.

2.7.5 – Inglaterra

Em Manchester (Inglaterra), logo após o acidente nuclear de Chernobyl, foi feita uma pesquisa com 198 consumidores em Manchester, sobre a aceitação de alimentos irradiados. Apenas 12% estavam dispostos a comprar alimentos irradiados, enquanto 70% disseram que não comprariam. A preocupação com os riscos para a saúde, destacando-se o câncer, foi a razão predominante para a falta de vontade de comprar alimentos irradiados (Ford & Rennie, 1987).

2.7.6 – Tailândia

Em 1986, uma linguiça de porco popular, chamada *Nham*, foi irradiada e vendida em alguns supermercados em *Bangkok* (Tailândia) ao lado da linguiça *Nham* não irradiada. Normalmente consumida *raw* (sem cozimento ou aquecimento), *Nham* é frequentemente contaminada por micróbios patogênicos, incluindo a *Salmonella* e ocasionalmente por um parasita, *Trichinella spiralis*. Para controlar estes organismos, *Nham* foi irradiada com uma dose mínima de 2 kGy e etiquetadas conforme as exigências do governo tailandês.

Um estudo realizado com 138 consumidores tailandeses mostrou que 34,1% compraram *Nham* irradiada por curiosidade e 65,9% compraram porque

achavam que ela estava a salvo de microrganismos nocivos a saúde.

Mais de nove em cada 10 consumidores, ou seja, 94,9%, indicaram que comprariam *Nham* irradiada novamente. Durante os 3 meses em que a pesquisa foi realizada, vendeu-se mais *Nham* irradiada do que não irradiada, numa uma razão de 10 para 1 (ICGFI, 1999).

2.7.7 – Turquia

Segundo Gunes & Tekin (2006), um questionário foi aplicado em Istambul, onde vivem 15% da população turca, para 31 funcionários e clientes de um grande supermercado, 20 funcionários de uma escola privada, 27 funcionários de um banco, 32 funcionários do correio, 156 dentre funcionários e clientes de um aeroporto, 34 dentre funcionários e clientes de um salão de beleza e 144 estudantes de uma universidade em Istambul. No total, foram obtidas 444 respostas.

A amostra utilizada na pesquisa foi composta por 42% de consumidores do gênero masculino e 58% de consumidores do gênero feminino. Entre os homens, 79% tinham menos de 40 anos e somente tinha 1% acima de 60 anos de idade.

Em termos do alto nível de educação dos entrevistados, cerca de 60% deles fizeram a graduação, 28%, o ensino médio, 6%, o ensino fundamental II e 5%, o ensino fundamental I.

O critério mais importante para a aquisição do produto foi a data de validade, seguida do preço do produto e de sua marca, 37% dos entrevistados obedeceram a esse critério.

A maioria dos entrevistados (80%) estava incerta sobre a segurança dos alimentos irradiados. Apenas 11% dos entrevistados se mostraram confiantes na segurança dos irradiados e 9% indicaram estar inseguros. Numa segunda etapa da pesquisa, após esclarecimentos sobre os benefícios do processo de

irradiação, o grau de aceitação dos consumidores turcos por alimentos irradiados aumentou, mas mesmo assim, foi efetivamente baixo (29%) se comparado a países desenvolvidos como os Estados Unidos, onde a aceitação é de 72%.

Gunes & Tekin (2006) chegaram à conclusão de que o aumento da aceitação do consumidor por alimentos irradiados depende da conscientização e conhecimento dos benefícios do uso do processo de irradiação, indicando que a educação pública sobre o processo pode ser promovida nas escolas, na mídia, em conferências e congressos educacionais para promover o sucesso do mercado dos alimentos irradiados.

Uma recente análise sugeriu que informações sobre a natureza e benefícios da irradiação de alimentos conduzem para mudanças positivas quanto à percepção e decisão de compra dos consumidores (Nayga et al., 2005).

Por outro lado, descrições desfavoráveis da irradiação têm um efeito negativo sobre a aceitação dos consumidores. Essa ideia negativa sobre a irradiação de alimentos pode ser combatida e a confiança dos consumidores na segurança do processo de irradiação pode ser restaurada por meio de informações embasadas na ciência (Fox, 2002).

Além disso, atividades educacionais e conhecimento científico podem melhorar a imagem da irradiação de alimentos (Resurreccion & Galvez, 1999; Furuta, et al., 2000).

2.8 – Países que aplicam a irradiação de alimentos

Dezenas de países utilizam a irradiação de alimentos e cerca de 200 instalações de irradiadores em operação estão espalhadas pelo mundo. A grande maioria dessas instalações são plantas que empregam o Cobalto 60 (^{60}Co) como fonte de irradiação e as demais utilizam aceleradores de elétrons (CGEE, 2010).

A legislação permite a irradiação de alimentos para fins comerciais nos países em destaque (FIG.15).

FIGURA 15 – Países que utilizam a irradiação de alimentos para fins comerciais

Encontra-se na TAB.5, um panorama mundial da quantidade de instalações de irradiadores existentes em cada país que possui autorização para irradiar alimentos e os principais alimentos irradiados nesses países.

TABELA 5 – Quantidade de instalações para irradiação de alimentos por país e principais alimentos irradiados

País	Quantidade de Instalações	Principais Alimentos Irradiados
ÁFRICA DO SUL	01	especiarias, frutas, vegetais frescos, mel, carnes e pescado.
ALEMANHA	05	especiarias e vegetais secos.
ARÁBIA SAUDITA	01	especiarias e vegetais secos.
ARGENTINA	02	especiarias, vegetais frescos e frutas desidratadas.
AUSTRÁLIA	04	especiarias, grãos e frutas.
BANGLADESH	01	especiarias, peixes, aves, frutas e vegetais frescos.
BÉLGICA	02	especiarias, vegetais secos, pernas de rãs, camarão, peixe, carnes e aves.

(continuação)

TABELA 5 – Quantidade de instalações para irradiação de alimentos por país e principais alimentos irradiados

País	Quantidade de Instalações	Principais Alimentos Irradiados
BRASIL	05	especiarias, vegetais frescos, ração animal, grãos e frutas.
BULGÁRIA	02	especiarias e vegetais secos.
CANADÁ	01	especiarias e vegetais secos.
CHILE	01	especiarias e vegetais secos.
CHINA	70	especiarias, frutas, vegetais frescos, carnes e vegetais secos.
COLOMBIA	01	especiarias e vegetais secos.
CORÉIA DO SUL	03	especiarias e vegetais secos.
CROÁCIA	01	especiarias e vegetais secos.
CUBA	01	especiarias e vegetais secos.
E.U.A.	50	especiarias, frutas, carnes, frutos do mar e ração animal.
EGITO	01	especiarias, vegetais, frutas, aves, carnes e peixes.
ESPANHA	03	especiarias e vegetais secos.
ESTÔNIA	01	especiarias e vegetais secos.
FILIPINAS	01	especiarias, frutas e vegetais desidratados.
FRANÇA	04	especiarias, carnes, frango desossado, vegetais frescos e secos, pernas de rãs congeladas e lagostins
GANÁ	01	especiarias, frutas, peixe e vegetais secos.

(continuação)

TABELA 5 – Quantidade de instalações para irradiação de alimentos por país e principais alimentos irradiados

País	Quantidade de Instalações	Principais Alimentos Irradiados
HOLANDA	02	especiarias, frutos secos, camarões, pernas de rãs, vegetais frescos e desidratados.
HUNGRIA	02	especiarias e vegetais frescos.
ÍNDIA	08	especiarias, vegetais desidratados e frutas secas.
INDONÉSIA	01	especiarias, frutas, peixes, camarão, pernas de rãs, vegetais secos e produtos desidratados.
IRÃ	01	especiarias e vegetais secos.
ISRAEL	01	especiarias e vegetais secos.
ITÁLIA	01	especiarias e vegetais secos.
MÉXICO	02	especiarias e frutas.
NIGÉRIA	01	especiarias e vegetais secos.
PERU	01	especiarias e vegetais secos.
POLÔNIA	02	especiarias, vegetais frescos e desidratados.
PORTUGAL	01	especiarias e vegetais secos.
REINO UNIDO	01	especiarias e ervas aromáticas.
REPÚBLICA CHECA	01	especiarias e vegetais secos.
ROMÊNIA	01	especiarias e vegetais secos.
SÉRVIA E MONTENEGRO	01	especiarias e vegetais secos.
SÍRIA	01	especiarias e vegetais secos.
TAILÂNDIA	02	especiarias, frutas e vegetais frescos.

(continuação)

TABELA 5 – Quantidade de instalações para irradiação de alimentos por país e principais alimentos irradiados

País	Quantidade de Instalações	Principais Alimentos Irradiados
TURQUIA	02	especiarias, vegetais frescos, frutas frescas, carnes, aves, pernas de rãs, frutos do mar e grãos.
VENEZUELA	01	especiarias e vegetais secos.
VIETNÃ	03	especiarias, carnes, frutas e frutos do mar.

Fonte – CGEE, 2010; IAEA, 2012.

2.9 – Panorama do ensino das ciências (Química, Física e Biologia) nos Estados Unidos, França, China e Brasil

A educação é essencial para o desenvolvimento de um país, portanto, uma análise do panorama educacional dos países escolhidos para esta pesquisa faz-se necessária.

A Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), que efetua um estudo, a cada três anos, com 65 países, entre membros e parceiros da organização, mostrou as posições dos Estados Unidos, França, China e Brasil, os quais foram escolhidos para este estudo, no último levantamento sobre a situação da educação no mundo, efetuado em 2010, (OCDE, 2011).

Quanto ao ensino das Ciências (Química, Física e Biologia), o número mínimo de pontos estabelecido pela OCDE foi 501.

A TAB.6 elenca a pontuação dos países pesquisados, bem como suas classificações.

TABELA 6 – Classificação sobre a Educação das Ciências em 2010

Classificação	País	Pontos em Ciências
1º	China	575
17º	Estados Unidos	502
22º	França	498
53º	Brasil	405

Fonte – OCDE, 2011.

Nos últimos anos, o governo chinês intensificou os investimentos em educação e os efeitos da medida já se fazem sentir no país. A China ficou em primeiro lugar no levantamento divulgado pela OCDE.

O Brasil, com 405 pontos, ocupou o 53º lugar no *ranking*, e o Quirguistão, último país classificado (65º), alcançou apenas 330 pontos.

2.10 – Análise dos conteúdos dos currículos educacionais dos Estados Unidos, França, China e Brasil

Devido à maioria dos estudos efetuados por pesquisadores de outros países apontarem para a falta de conhecimento sobre a irradiação de alimentos por grande parte dos consumidores, optou-se pela verificação dos conteúdos abordados, no Ensino Fundamental II e Ensino Médio, durante a vida acadêmica dos estudantes.

Foram analisados os Currículos Educacionais Governamentais da disciplina Ciências Naturais (Ensino Fundamental II) e também das disciplinas Física e Química (Ensino Médio) dos Estados Unidos, França, China e Brasil para verificar se nesses países recomenda-se a abordagem do tema - Energia Nuclear e suas aplicações – nas aulas das referidas disciplinas.

2.10.1 – Estados Unidos

A disposição das séries no currículo escolar dos Estados Unidos é

diferente da disposição do currículo escolar brasileiro. O ensino compulsório do 1º ao 5º ano é chamado de *Elementary School*, do 6º ao 8º ano *Middle School* e do 9º ao 12º ano é chamado de *High School*.

Segundo EUA (2003), recomenda-se no *Middle School*, no que se refere ao ensino do tema Energia Nuclear, que o estudante adquira conhecimentos suficientes para discutir e entender:

- a gestão dos recursos não renováveis (carvão, petróleo, gás natural, energia nuclear, recursos minerais);
- as reações nucleares (produtos de fusão e fissão e seus efeitos sobre os seres humanos e o meio ambiente);
- a utilização de pouca matéria para produzir muita energia;
- o armazenamento e eliminação dos rejeitos radioativos;
- a avaliação dos efeitos positivos e negativos quando se usa a energia nuclear;
- a importância da energia nuclear como fonte de energia elétrica.

De acordo com o currículo do *High School*, EUA (2003), no que tange ao ensino da Energia Nuclear, o aluno deverá ser capaz de compreender que:

- a energia nuclear pode ser transferida e transformada para proporcionar trabalho útil;
- o processo de fissão ocorre em reatores nucleares para fornecimento de energia elétrica;
- a radioatividade natural é a desintegração espontânea de núcleos instáveis;
- a força nuclear une prótons e nêutrons no núcleo;
- alfa, beta e gama são diferentes emissões associadas com o decaimento radioativo;
- o processo de fusão nuclear se dá pela combinação de dois ou mais núcleos atômicos.

2.10.2 – França

Na França, a disposição das séries no currículo escolar é semelhante ao Brasil. O *Collège* refere-se aos quatro anos do Ensino Fundamental II brasileiro e o *Lycée*, ao Ensino Médio.

Segundo France (2007), no *Collège*, sugere-se uma abordagem geral sobre o tema Energia Nuclear, visando a formação de cidadãos capazes de participar de uma autorreflexão cotidiana sobre:

- os recursos energéticos do futuro;
- o papel dos combustíveis fósseis;
- as fontes de energias renováveis e não renováveis;
- a produção elétrica da França (80% vem de usinas nucleares);
- o destino do Planeta.

Quanto ao assunto Energia Nuclear no *Lycée*, France (2007), recomenda a abordagem dos seguintes temas:

- diferenças entre radioatividade natural e artificial;
- decaimento radioativo;
- reações nucleares como produtos de fusão e fissão;
- subprodutos gerados pela indústria nuclear;
- uso de diferentes recursos energéticos;
- funcionamento de centrais elétricas alimentadas por combustíveis fósseis ou nucleares;
- uso da energia nuclear na medicina e astronomia;
- gestão de resíduos radioativos e o impacto ambiental.

2.10.3 – China

Assim como no Brasil, são nove anos de Ensino Fundamental obrigatórios na China. Desses nove anos, os seis primeiros são chamados

Primary Level (Primary 1-6) e os três últimos, *Junior Secondary (Secondary 1-3)*. Quanto ao Ensino Médio, também são três anos, intitulado *Senior Secondary (Secondary 4-6)*.

Em China (2002), é recomendado uma abordagem geral sobre o tema Energia Nuclear, desde o *Primary 1* até o *Secondary 3*, baseada em fatos científicos. O aluno deve adquirir conhecimentos suficientes para poder argumentar antes de fazer juízo de valor.

Segundo China (2007), no que se refere ao assunto Energia Nuclear, recomenda-se o ensino do tema durante o período *Senior Secondary*, na disciplina de Física, para que o estudante tenha condições de desenvolver valores e atitudes positivas sobre:

- o uso da energia nuclear;
- origem da radioatividade;
- a natureza e as propriedades das radiações;
- métodos de detecção de radiação;
- fontes de radiação naturais e artificiais;
- ética no uso de armas nucleares;
- o comportamento dos reatores de fissão;
- os problemas com a eliminação dos rejeitos radioativos e vazamento de radiação;
- decaimento radioativo;
- problemas numéricos que envolvem as meias-vidas para compreensão dos efeitos a longo prazo de algumas fontes radioativas;
- estudos e comparação do custo benefício da utilização de reatores nucleares;
- estudo da dosagem das radiações ionizantes;
- utilidades da radiação ionizante para diagnóstico médico (oncologia), segurança e conservação de alimentos, esterilização de materiais, entre outros.

2.10.4 – Brasil

O sistema educacional brasileiro compulsório é composto por nove anos de Ensino Fundamental, em que os cinco primeiros anos são chamados de Ensino Fundamental I e os quatro últimos de Ensino Fundamental II, e mais três anos de Ensino Médio.

Segundo Brasil (1998), quanto à discussão do tema Energia Nuclear no Ensino Fundamental II, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) recomendam uma abordagem de âmbito geral sobre a utilização da energia nuclear, para que o aluno possa:

- compreender questões atuais que afetam sua própria vida e a do planeta;
- fazer conjecturas entre diferentes pontos de vista, além daqueles apresentados pelos cientistas;
- comparar o funcionamento das hidrelétricas com as termoeletricas (vapor aquecido pela queima de combustível, no lugar de queda d'água), com o funcionamento das term nucleares (vapor aquecido por reações nucleares).

No Ensino Médio, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) recomendam a abordagem do tema Energia Nuclear, de forma contextualizada (Brasil, 2002).

As disciplinas de Física, Química e Biologia devem estar correlacionadas e fazer parte do cotidiano do aluno, promovendo no jovem, competências para:

- avaliar os riscos e benefícios decorrentes dos diferentes usos da energia nuclear;
- compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias e tomografias);

- compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos;
- conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina;
- avaliar os efeitos biológicos e ambientais, assim como medidas de proteção, da radioatividade e radiações ionizantes;
- compreender os processos de fusão e fissão nucleares e a produção de energia neles envolvida;
- reconhecer transformações nucleares como fonte de energia;
- buscar fontes de informação sobre geração e uso de energia nuclear;
- interpretar processos nucleares em usinas de produção de energia elétrica na indústria, agricultura, medicina, ou em artefatos bélicos, em função das interações e radiações nucleares, comparando riscos e benefícios do uso da tecnologia nuclear.

3 – METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida no Centro Universitário Fundação Santo André, localizada no município de Santo André, na região do Grande ABC. A escolha desta instituição deve-se à facilidade de acesso aos entrevistados, em função de compor o quadro de docentes da instituição desde 2004.

Inicialmente, foi realizado um pré-teste com 50 alunos, no mês de maio de 2011, para verificação de alguma possível falha na elaboração das questões, bem como na edição e análise sobre a duração do filme educativo usado na pesquisa. Após o teste, foram feitas algumas correções em duas das questões, e só então, foi aplicado o questionário definitivo (ANEXO A).

Para obtenção dos resultados, foram realizadas entrevistas com 664 estudantes de graduação do Centro Universitário Fundação Santo André. A amostra foi composta por estudantes dos cursos de Licenciatura em Matemática, Licenciatura em Letras, Psicologia, Bacharelado em Sistemas de Informação, Licenciatura em Pedagogia, Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas e Licenciatura e Bacharelado em Química.

O tamanho da amostra foi calculado segundo a metodologia de Cochran (1977), com um intervalo de confiança de 99% e margem de erro de 5%.

O tamanho da amostra foi calculado segundo a equação 1:

$$n = \frac{\left(Z_{\frac{\alpha}{2}} \right)^2 \cdot p \cdot q}{E^2} \quad (1)$$

Em que:

n = número de indivíduos da amostra.

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$ = valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado.

p = proporção populacional de indivíduos que pertence à categoria a qual se deseja estudar.

q = proporção populacional de indivíduos não pertencente à categoria a qual se deseja estudar ($q = 1 - p$).

E = margem de erro ou erro máximo de estimativa. Identifica a diferença máxima entre a proporção amostral e a verdadeira proporção populacional (p).

O instrumento utilizado para a pesquisa foi um questionário composto por 24 questões, divididas em três partes (ANEXO A).

Para a realização da pesquisa, os entrevistados foram acomodados no auditório do prédio da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FAFIL), com capacidade para 200 pessoas, o qual possui projetor multimídia e telão para exibição de filmes.

Primeiramente entregou-se aos entrevistados, um total de 15 questões, cuja primeira parte era composta pelas questões de 1 a 6 sobre a caracterização socioeconômica e demográfica e a segunda parte era composta pelas questões de 7 a 15, referente às informações do conhecimento sobre alimentos irradiados, sem esclarecimento prévio.

Assim que os estudantes entrevistados terminaram de responder ao questionário, exibiu-se um filme institucional e educacional, de aproximadamente 15 minutos, sobre as atividades realizadas no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), as quais utilizam a radiação para a obtenção dos resultados

pretendidos nos estudos. Dentre esses trabalhos realizados no IPEN, está a irradiação de alimentos, a qual é o foco deste trabalho.

Depois da apresentação do filme educacional, foi entregue aos estudantes entrevistados a terceira parte do questionário, composta por 9 questões, da questão 16 à questão 24, referente às informações do conhecimento sobre alimentos irradiados, após esclarecimentos (ANEXO A).

Realizou-se a coleta de dados durante o mês agosto de 2011; o banco de dados foi construído utilizando-se o *software* Excel (2007); para as análises estatísticas, foi utilizado o *software* MINITAB (2008).

Além da aplicação do questionário, a metodologia do trabalho consistiu também em um levantamento sistemático da literatura especializada. Além da pesquisa em dissertações e teses, também foram realizadas pesquisas via Internet, junto a *sítes* de busca, com o auxílio de ferramentas para pesquisas avançadas a partir do cruzamento de palavras chave para o levantamento de artigos indexados em periódicos e relacionados ao tema, no período de 2008 a 2012.

A busca bibliográfica possibilitou o contato com artigos da literatura nacional e internacional na área de tecnologia de irradiação de alimentos, alimentos irradiados, aceitação de alimentos irradiados, campanhas educacionais governamentais e influência sobre a quebra da barreira em relação ao consumo de alimentos irradiados.

Com base no objetivo do trabalho, definiram-se alguns critérios de inclusão e exclusão para limitar o escopo da busca. Após a leitura dos títulos e resumos dos artigos selecionados, realizou-se uma seleção preliminar baseada nos títulos e conteúdo dos resumos e excluíram-se aqueles que não preencheram os requisitos fixados para a revisão sistemática.

Os artigos que apresentaram conteúdo relevante ao trabalho foram selecionados; recorreu-se a portais especializados para a aquisição dos artigos

com texto completo. Em seguida, realizou-se a leitura na íntegra desses artigos, visando precisar sua qualidade metodológica e, após análise criteriosa dos textos, as ferramentas para dar início à confecção do trabalho, foram obtidas.

Sobre a aceitação de alimentos irradiados, recorreu-se à análise de várias pesquisas realizadas em diversos países, para a verificação do grau de conhecimento dos consumidores sobre os benefícios da irradiação de alimentos; após a análise foi feito um estudo para verificar se, dentre os conteúdos ensinados na escola, estavam o uso da energia nuclear e suas aplicações, por exemplo, a irradiação de alimentos.

Para alcançar os objetivos traçados, foram analisados os documentos oficiais educacionais referentes às disciplinas Ciências Naturais, Física e Química tanto do Ensino Fundamental II como do Ensino Médio, dos Estados Unidos, França, China e Brasil.

O Brasil foi escolhido por se tratar do país onde foi realizada a pesquisa; os demais países foram escolhidos devido à maior acessibilidade aos documentos, por se tratarem de países que possuem altos índices educacionais e estarem entre os 25 primeiros colocados do mundo.

Para a verificação das informações recebidas pelos estudantes brasileiros, durante o período escolar, sobre as diversas aplicações da energia nuclear, optou-se por uma análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Pesquisa para avaliar o grau de informação recebida pelo consumidor, sobre a irradiação de alimentos, durante o período escolar

O perfil do consumidor em relação aos alimentos irradiados foi traçado por meio de um questionário, apresentado e respondido em duas etapas, cujo objetivo foi observar a opção por alimentos irradiados. Na primeira etapa foram apresentadas 15 questões e, após apresentação de um filme explicativo, foram apresentadas outras 9 questões. A pesquisa ocorreu no Centro Universitário Fundação Santo André e foi respondida por 664 estudantes. Foram construídos gráficos para facilitar as análises, as discussões e a visualização das respostas.

4.1.1 – Análise da caracterização socioeconômica e demográfica

As questões de 1 a 6 eram referentes à caracterização socioeconômica e demográfica, cujos resultados estão descritos na TAB.7.

TABELA 7 – Caracterização socioeconômica e demográfica

Informações	n	%
Gênero		
Masculino	298	45
Feminino	366	55
Faixa Etária		
18 anos a 27 anos	520	78
28 anos a 37 anos	87	13
38 anos a 47 anos	26	4
48 anos a 57 anos	26	4
58 anos a 67 anos	5	1

(continuação)

TABELA 7 – Caracterização socioeconômica e demográfica

Informações	n	%
Estudou o Ensino Fundamental em escola		
Pública	480	72
Particular	124	28
Estudou o Ensino Médio em escola		
Pública	464	70
Particular	200	30
Escolaridade:		
Superior Incompleto	600	90
Superior Completo	64	10
Município de residência		
Região do ABC	602	91
São Paulo	62	9

Fonte – Centro Universitário Fundação Santo André, 2011

Dentre os 664 entrevistados, a maior parte, ou seja, 55% deles compunham o público feminino e 45%, o público masculino (FIG.16).

FIGURA 16 – Gênero

O questionário foi aplicado a um público cuja faixa etária estava compreendida entre 18 e 67 anos, porém, 78% deles tinham idade inferior a 28

anos, o que significa uma amostra relativamente composta por jovens .

Verificou-se que a faixa de 28 a 37 anos foi de 13%, as faixas de 38 a 47 anos e 48 a 57 anos foram de 4% cada e a faixa etária de 58 a 67 anos foi de apenas 1% (FIG.17).

FIGURA 17 – Faixa etária

Grande parte dos consumidores entrevistados, ou seja, 72% deles cursaram Ensino Fundamental, em escolas da rede pública de ensino e apenas 28% cursaram o Ensino Fundamental em escolas particulares (FIG.18).

FIGURA 18 – Cursou o Ensino Fundamental em escola

Embora, em relação ao Ensino Fundamental, tenha havido um aumento no número de consumidores que estudaram em instituição privada, ainda assim, tem-se 70% que concluíram o Ensino Médio na rede pública de

ensino (FIG.19).

FIGURA 19 – Cursou o Ensino Médio em escola

Pelo fato do questionário ter sido aplicado dentro de uma instituição de ensino superior, todos os consumidores entrevistados estavam cursando alguma graduação, e embora representem uma pequena porcentagem, 10% dos consumidores já haviam cursado outra graduação anteriormente (FIG. 20).

FIGURA 20 – Grau de escolaridade

O Centro Universitário Fundação Santo André, onde foi realizada a pesquisa, está situado no município de Santo André, na região do Grande ABC; dado este fato, 91% do público entrevistado residem na região do ABC e apenas 9% residem na cidade de São Paulo (FIG. 21).

FIGURA 21 – Município de residência

4.2 – Análise do conhecimento sobre alimentos irradiados sem esclarecimento prévio

As questões de 7 a 15 eram referentes às informações do conhecimento sobre alimentos irradiados sem esclarecimento prévio e apresentaram os resultados descritos na TAB.8.

TABELA 8 – Informações do conhecimento sobre alimentos irradiados sem esclarecimento prévio

Informações	n	%
Quando você ouve falar em energia nuclear, a impressão que você tem é:		
Boa	224	34
Ruim	440	66
Durante o período escolar, você teve aulas sobre as diversas aplicações da energia nuclear?		
Sim	136	20
Não	528	80
Você se preocupa com a qualidade dos alimentos que consome?		
Sim	624	94
Não	40	6

(continuação)

TABELA 8 – Informações do conhecimento sobre alimentos irradiados sem esclarecimento prévio

Informações	n	%
Uma das aplicações da energia nuclear é a irradiação de alimentos. Você conhece?		
Sim	172	26
Não	492	74
Você acredita que os alimentos irradiados se tornam radioativos?		
Sim	462	70
Não	202	30
Você acredita que a irradiação de alimentos produz toxinas nos alimentos e acarreta perda de nutrientes?		
Sim	448	67
Não	216	33
Você consumiria alimentos irradiados?		
Sim	207	31
Não	457	69
Você sabia que materiais farmacêuticos (fraldas descartáveis, gases, seringas, agulhas etc.) e alguns cosméticos disponíveis no mercado são esterilizados pelo processo de irradiação?		
Sim	226	34
Não	438	66
Atualmente, para serem tratados, a maioria dos tipos de câncer, depende da energia nuclear. Se você soubesse que tem câncer, se submeteria a tratamentos que fazem uso da energia nuclear, como a quimioterapia ou a radioterapia?		
Sim	656	99
Não	8	1

Fonte – Centro Universitário Fundação Santo André, 2011.

A FIG.22 mostra que, apesar do público em questão possuir um elevado nível de instrução, constatou-se que apenas 34% possuem boa impressão sobre a energia nuclear.

FIGURA 22 – Quando você ouve falar em energia nuclear, a impressão que você tem é

Segundo Pereira et al. (2009), num estudo efetuado em escolas da rede estadual de ensino, na Baixada Fluminense (RJ), sobre a inserção do tema energia nuclear no Ensino Médio, verificou-se que a população discente concluinte não estava plenamente esclarecida sobre o tema energia nuclear, tampouco sobre suas aplicações. Dos 115 alunos pesquisados, mais de 87% deles disseram nunca ter tido aulas sobre o tema energia nuclear, e dentre aqueles que tiveram aulas sobre o tema, cerca de 7% deles não se recordaram o que foi estudado. Para 1,7% dos estudantes pesquisados na Baixada Fluminense, o termo energia nuclear, foi associado a bombas, guerras e acidentes nucleares.

O estudo de Pereira et al. (2009) reforça os resultados encontrados nesta pesquisa, em que 66% dos estudantes pesquisados mostraram ter uma impressão negativa sobre a energia nuclear, ou seja, a maioria não conhece o seu uso pacífico (FIG. 22)

Segundo Brasil (2002), os PCN₊ recomendam que, ao final do Ensino Médio o aluno tenha condições suficientes de avaliar os riscos e benefícios decorrentes dos diferentes usos da energia nuclear.

Porém, ficou evidente nesta pesquisa, a falta de conhecimento dos estudantes sobre as diversas aplicações da energia nuclear, pois 80% deles responderam nunca ter tido aulas sobre as aplicações da energia nuclear, desde o Ensino Fundamental até o Ensino Médio, (FIG.23).

FIGURA 23 – Durante o período escolar, você teve aulas sobre as diversas aplicações da energia nuclear?

No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) foram implantados a partir de 1998 e recomendam que o ensino sobre as aplicações da energia nuclear seja abordado dentro dos temas transversais no Ensino Fundamental II, bem como no 3º ano do Ensino Médio, na disciplina de Física.

De acordo com a FIG.17, 78% dos estudantes entrevistados têm entre 18 e 27 anos e, portanto deveriam ter tido aulas sobre as aplicações da energia nuclear durante o período escolar, como recomendam os PCN, porém, não foram verificados resultados positivos nesse sentido.

Quanto à qualidade dos alimentos, os trabalhos realizados em outros países deixam claro que uma das maiores preocupações dos consumidores é a segurança alimentar, o que também pode ser verificado nesta pesquisa.

No entanto, verificou-se na FIG.24, que 94% dos entrevistados mostraram-se preocupados com a qualidade dos alimentos que consomem e apenas 6% não demonstraram essa preocupação.

Este resultado pode ser visto de maneira positiva, pois 78% da amostra pesquisada foi composta por jovens de 18 a 27 anos (FIG.17).

FIGURA 24 – Você se preocupa com a qualidade dos alimentos que consome?

De acordo com a FIG.25, não se estranhou o fato de 74% dos consumidores entrevistados nunca terem ouvido falar em irradiação de alimentos, uma vez que 80% deles declararam que nunca tiveram aulas sobre as aplicações da energia nuclear (FIG.23).

FIGURA 25 – Uma das aplicações da energia nuclear é a irradiação de alimentos. Você conhece?

Em 2006, um estudo feito na Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (USP/SP), também constatou que 42% dos entrevistados não tinham conhecimento sobre a irradiação de alimentos (IPEN, 2012).

Outro estudo análogo, realizado em Belo Horizonte (MG), por Silva et al. (2010), com o corpo docente universitário que ministrava aulas na graduação em nutrição, mostrou que 13,6% deles desconheciam a irradiação de alimentos.

É preocupante o fato de que, professores universitários do curso de nutrição, não tenham conhecimento suficiente sobre a irradiação de alimentos, uma vez que a formação dos futuros profissionais da área corre o risco de ficar comprometida.

A formação acadêmica de um profissional está correlacionada ao conhecimento que este indivíduo recebe durante o período escolar; contudo, no caso desses futuros profissionais da área de nutrição, cuja formação dependerá do conhecimento de cada um dos docentes pesquisados, perceber-se-á uma possível deficiência com relação ao conhecimento necessário sobre a irradiação de alimentos.

A falta de conhecimento entre os consumidores sobre as aplicações da energia nuclear mostrou que 70% dos entrevistados acreditam que o alimento se torna radioativo, após passar pelo processo de irradiação (FIG.26). Esta questão reforça o observado em outras pesquisas realizadas com consumidores brasileiros e de outros países, sobre a confusão existente entre os termos irradiação e radioatividade (Boaventura, 2004; Ornellas et al., 2006).

FIGURA 26 – Você acredita que os alimentos irradiados se tornam radioativos?

Uma pesquisa realizada com 446 consumidores da Geórgia (EUA) mostrou que 30% dos consumidores acreditavam que os alimentos irradiados se tornavam radioativos; por esse motivo, não se interessavam pela compra do produto.

O gráfico da FIG.27 evidencia ainda mais a falta de conhecimento sobre o processo da irradiação de alimentos, pois, além desse processo tornar o alimento radioativo (FIG.26) ele também produz toxinas e acarreta perda de nutrientes nos alimentos, para 67% dos entrevistados.

FIGURA 27 – Você acredita que a irradiação de alimentos produz “toxinas” nos alimentos e acarreta perda de nutrientes?

De acordo com as respostas anteriores, acerca do tema, e diante de tantas interpretações errôneas, já era de se esperar que a maioria dos consumidores se negasse a consumir alimentos irradiados, pois 69% deles declararam não consumir esse tipo de alimento (FIG.28).

FIGURA 28 – Você consumiria alimentos irradiados?

Tendo em vista que 80% dos entrevistados (FIG.23) disseram que nunca tiveram aulas sobre as diversas aplicações da energia nuclear, não se estranhou o fato da maioria, ou seja, 66%, não saberem que o processo de irradiação também serve para esterilizar produtos (FIG.29).

FIGURA 29 – Você sabia que materiais farmacêuticos (fraldas descartáveis, gazes, seringas, agulhas, etc.) e alguns cosméticos disponíveis no mercado são esterilizados pelo processo de irradiação?

Quando os consumidores foram questionados se aceitariam submeter-se, caso houvesse necessidade, a tratamentos que fazem uso da energia nuclear, como a radioterapia, 99% deles se posicionaram de forma positiva, ou seja, concebem a energia nuclear, no caso do tratamento contra o câncer, como uma forte aliada para a cura (FIG.30).

Na análise das respostas da FIG.30, observou-se um conflito de ideias; ora, o consumidor associa a irradiação de alimentos a algo maligno à saúde (FIG.28), ora recebe a energia nuclear como milagrosa para a cura do câncer.

O fato é compreensível, pois, é muito comum, em conversas informais, reportagens na mídia ou até mesmo na escola, ouvir falar sobre tratamentos que buscam a cura do câncer, como a radioterapia; as pessoas, por estarem mais familiarizadas com o assunto, aceitam a ideia com maior facilidade. Ao contrário, a irradiação de alimentos não é divulgada, como constatado na pesquisa, pela falta de conhecimento verificada em 74% dos consumidores (FIG.25), tornando-se um obstáculo a ser vencido.

FIGURA 30 – Atualmente, para serem tratados, a maioria dos tipos de câncer, depende da energia nuclear. Se você soubesse que tem câncer, se submeteria a tratamentos que fazem uso da energia nuclear, como a radioterapia?

4.3 – Análise do conhecimento sobre alimentos irradiados após esclarecimentos

Após os estudantes terem respondido as 15 primeiras perguntas, as partes I e II do questionário foram recolhidas. Em seguida, foi exibido um filme explicativo sobre as atividades desenvolvidas no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN).

Após a exibição do filme, foi entregue aos entrevistados a parte III do questionário composta pelas questões 16 a 24, cujo objetivo era analisar as informações do conhecimento sobre alimentos irradiados após esclarecimentos (TAB.9).

TABELA 9 – Informações do conhecimento sobre alimentos irradiados após esclarecimentos

Informações	n	%
As explicações sobre as aplicações da energia nuclear foram esclarecedoras para você?		
Sim	463	70
Sim, mas não suficientes	190	28
Não	11	2

(continuação)

TABELA 9 – Informações do conhecimento sobre alimentos irradiados após esclarecimentos

Informações	n	%
Os esclarecimentos sobre a irradiação de alimentos foram importantes para você?		
Sim	640	96
Não	24	4
Depois dos esclarecimentos, você acredita que a energia nuclear também pode ser usada para fins pacíficos?		
Sim	640	96
Não	24	4
Depois dos esclarecimentos recebidos, sua impressão sobre a energia nuclear para conservação de alimentos é:		
Boa	624	94
Ruim	40	6
Após esses esclarecimentos, você consumiria alimentos irradiados?		
Sim	536	81
Não	128	19
Você acha que os alimentos que consome, deveriam ter um selo indicando qual o método de conservação ou esterilização, que nele está sendo usado?		
Sim	648	98
Não	16	2
Você gostaria de saber mais sobre o assunto?		
Sim	648	98
Não	16	2
Você acha que é direito de todo cidadão receber informações sobre os benefícios e malefícios da energia nuclear?		
Sim	664	100
Não	0	0

(continuação)

TABELA 9 – Informações do conhecimento sobre alimentos irradiados após esclarecimentos

Informações	n	%
Na sua opinião, essas informações devem ser transmitidas por meio de:		
Programas educacionais, desde a escola básica	512	77
Campanhas esporádicas na mídia	64	10
Jornais e revistas	88	13

Fonte – Centro Universitário Fundação Santo André, 2011

Quando questionados sobre os esclarecimentos recebidos por meio do filme, 70% dos consumidores entrevistados responderam que as informações foram esclarecedoras, 28% deles, responderam sim, mas não suficientes e apenas 2% não se sentiram satisfeitos com os esclarecimentos (FIG.31).

FIGURA 31 – As explicações sobre as aplicações da energia nuclear foram esclarecedoras para você?

No filme, foram exibidas várias atividades que fazem uso da energia nuclear como esterilização de materiais cirúrgico, irradiação de alimentos, medicina nuclear, usinas termonucleares entre outras.

A maior parte dos entrevistados (96%) considerou importantes os esclarecimentos recebidos e apenas 4% não consideraram importante saber mais sobre o processo de irradiação de alimentos (FIG.32).

FIGURA 32 – Os esclarecimentos sobre a irradiação de alimentos foram importantes para você?

Após os esclarecimentos, notou-se um aumento expressivo na quantidade de pessoas que passaram a acreditar e considerar a energia nuclear de forma positiva, ou seja, dos 34% que tinham boa impressão sobre a energia nuclear (FIG.22), após a exibição do filme 96% passaram a acreditar que a energia nuclear pode ser usada para fins pacíficos (FIG.33).

FIGURA 33 – Depois dos esclarecimentos, você acredita que a energia nuclear também pode ser usada para fins pacíficos?

Da mesma forma que na questão anterior, também houve uma considerável mudança de opinião quanto à boa impressão sobre a energia nuclear para a conservação de alimentos. Após os esclarecimentos recebidos, 94% dos consumidores passaram a ver a irradiação de alimentos de forma positiva (FIG.34), enquanto que inicialmente 70% acreditavam que o processo de irradiação tornava os alimentos radioativos (FIG.26) e 67% pensavam que o

processo agregaria toxinas e provocaria perdas nutricionais aos alimentos (FIG.27).

FIGURA 34 – Depois dos esclarecimentos recebidos, sua impressão sobre a energia nuclear para conservação de alimentos é

O filme explicativo deixa claro que a irradiação de alimentos é um processo seguro e que o alimento não sofre alterações que prejudicam a saúde do consumidor; portanto, percebeu-se que bastou um rápido filme explicativo para que a maioria dos consumidores se sentisse seguro e mudasse de opinião.

Após serem novamente questionados sobre o consumo de alimentos irradiados, 81% responderam de forma positiva à aceitação (FIG.35), enquanto que, antes dos esclarecimentos apresentados pelo filme apenas 31% consumiriam alimentos irradiados (FIG.28); houve, portanto, um aumento de 50% na aceitação do produto após a exibição do filme explicativo.

FIGURA 35 – Após esses esclarecimentos, você consumiria alimentos irradiados?

Segundo Bruhn & Mason (1996), estudos realizados nos Estados da Califórnia e Indiana (EUA), revelaram um aumento de aproximadamente 20% na intenção de compra de alimentos irradiados.

Na Turquia, um estudo semelhante revelou um aumento de 9% na aceitação de alimentos irradiados, após os consumidores receberem esclarecimentos sobre os benefícios do processo de irradiação (Gunes & Tekin, 2006).

Os estudos e pesquisas consultadas reforçam os resultados encontrados neste trabalho, ressaltando que o público consumidor quando convenientemente informado, apresenta um comportamento receptivo frente aos alimentos irradiados.

Quanto aos dizeres contidos nos rótulos dos alimentos, a maior parte dos consumidores que responderam ao questionário (98%), consideram necessária a indicação do método de conservação ou esterilização ao qual o alimento foi submetido (FIG.36).

Segundo Schultz et al. (1989) e Resurreccion et al. (1995), o consumidor, cada vez mais, deseja ser informado sobre a qualidade do alimentos que consome.

FIGURA 36 – Você acha que os alimentos que você consome, deveriam ter um selo indicando qual o método de conservação ou esterilização, que nele está sendo usado?

Analogamente aos resultados obtidos neste trabalho, uma pesquisa

realizada no Chile, revelou a impressão do público sobre o símbolo “radura”, usado na identificação de alimentos irradiados. Verificou-se que 95,8% das pessoas entrevistadas não estavam familiarizados com o símbolo; no entanto, 55,8% expressaram a opinião de que iriam comprar alimentos irradiados identificados com o símbolo, afirmando que a “radura” transmite a sensação de confiança e segurança alimentar (Junqueira-Gonçalves et al., 2011).

Quando questionados se gostariam de saber mais sobre o assunto, 98% dos consumidores responderam que gostariam de saber mais sobre as diversas aplicações da energia nuclear e apenas 2% disseram não (FIG.37).

FIGURA 37 – Você gostaria de saber mais sobre esse assunto?

De acordo com os PCN, é sugerido que se discuta, desde o Ensino Fundamental, o uso consciente da energia nuclear, para que o estudante desenvolva competências para compreender questões relacionadas ao ser humano e ao meio ambiente.

Quanto aos esclarecimentos sobre os benefícios e malefícios causados pela energia nuclear, a opinião do público entrevistado foi unânime; 100% concordaram que é direito de todo cidadão receber informações sobre o tema, energia nuclear (FIG.38).

FIGURA 38 – Você acha que é direito de todo cidadão receber informações sobre os benefícios e malefícios da energia nuclear?

Com relação à divulgação do assunto energia nuclear, 10% responderam que as informações devem ser transmitidas por campanhas na mídia, 13% por jornais e revistas e 77% acreditam que a melhor forma de disseminar a informação é por meio de programas educacionais, desde a escola básica (FIG.39).

FIGURA 39 – Na sua opinião, essas informações devem ser transmitidas por meio de

4.4 – Discussão dos conteúdos relacionados à irradiação de alimentos recomendados pelos currículos pesquisados

Colhidos os temas sobre o ensino da energia nuclear, que, segundo os documentos oficiais educacionais dos Estados Unidos, França, China e Brasil devem ser abordados durante o período escolar, a contar do Ensino Fundamental

ao Ensino Médio, elaborou-se uma análise em paralelo sobre a aceitação do consumidor de cada país.

4.4.1 – Estados Unidos

Consultados os currículos educacionais sobre o ensino de Ciências dos Estados Unidos, verificou-se que, nas séries do “*Middle School*”, equivalente às séries finais do Ensino Fundamental II do sistema educacional brasileiro, sugere-se ensinar e discutir a gestão dos recursos não renováveis como carvão, petróleo, gás natural, recursos minerais e energia nuclear, reações nucleares como produtos de fusão e fissão e seus efeitos sobre o ser humano e o meio ambiente.

Espera-se, com isso, que o aluno seja capaz de comparar e contrastar físicas, químicas e as alterações nucleares, bem como avaliar os efeitos positivos e negativos do uso da energia nuclear. Por exemplo, o aluno, ao chegar ao final do “*Middle School*”, deve ter competência suficiente para entender que, nas reações nucleares, uma pequena quantidade de matéria é suficiente para produzir uma enorme quantidade de energia; no entanto, uma das limitações do uso da energia nuclear é o armazenamento e a eliminação dos resíduos radioativos (EUA, 2003).

Nas séries do “*High School*”, as quais equivalem ao Ensino Médio no Brasil, na disciplina de Física, o aluno deve investigar e compreender que a energia nuclear pode ser transferida e transformada para proporcionar trabalho útil, como o processo de fissão que ocorre em reatores nucleares para o fornecimento de energia elétrica (EUA, 2003).

Não foram observadas menções explícitas quanto à recomendação do ensino do tema irradiação de alimentos; porém, o fato da ausência do tema no currículo não significa que o assunto não seja abordado na escola, pois, estudos citados anteriormente, elaborados por outros pesquisadores, sinalizam aceitação positiva para alimentos irradiados, por parte do consumidor americano.

4.4.2 – França

Na França, o *Collège* equivale ao Ensino Fundamental II do sistema educacional brasileiro. Na disciplina de Ciências, que engloba os conteúdos de Química e Física, é sugerida uma abordagem geral sobre o tema energia. Devem ser discutidas questões sobre os recursos energéticos do futuro, o papel dos combustíveis fósseis, da energia nuclear e das energias renováveis. O professor não pode ignorar, portanto, que 80% da produção de energia elétrica da França são advindos de usinas nucleares. É necessário que nesta fase o aluno seja capaz de fazer reflexões e tecer argumentos sobre o destino do planeta (France, 2007).

O *Lycée*, na França, equivale ao Ensino Médio no Brasil. Nas séries do *Lycée*, o programa de Ciências (Física-Química) aborda os conceitos e as diferenças entre radioatividade natural e artificial, o decaimento radioativo, as reações de fissão e fusão, os subprodutos gerados pela indústria nuclear, a energia obtida por meio de reações nucleares, bem como o uso da energia nuclear no campo da medicina e da astronomia, entre outros (France, 2007).

Não foram observadas referências explícitas sobre a necessidade do ensino da irradiação de alimentos, tanto no *Collège* quanto no *Lycée*, porém observou-se que é sugerido o ensino do uso da energia nuclear no cotidiano, ficando a cargo do professor, discutir ou não, a irradiação de alimentos na sala de aula.

No entanto, novamente os demais estudos pesquisados, deixam claro que os consumidores franceses têm uma boa aceitação por alimentos irradiados.

4.4.3 – China

Em China (2002), é recomendado uma abordagem geral sobre o tema energia nuclear, desde o *Primary 1* até o *Secondary 3*, baseada em fatos científicos. O aluno deve adquirir conhecimentos suficientes para poder argumentar antes de fazer juízo de valor.

Na China, no currículo educacional de Ciências do *Primary School*, o qual se refere ao Ensino Fundamental, é recomendado que a energia nuclear seja discutida no âmbito geral, com base em fatos científicos, para que o aluno adquira conhecimentos suficientes e seja capaz de fazer conjecturas e de argumentar, antes de chegar a um juízo de valor (China, 2002).

Foram também analisados os documentos oficiais educacionais da China, referentes ao *Senior Secondary* que equivale ao Ensino Médio brasileiro, os quais recomendam que os alunos devam ser incentivados a desenvolverem a compreensão do uso da energia nuclear, do uso de reatores de fissão e os problemas relacionados como a eliminação de resíduos radioativos e vazamento de radiação, do uso da radiação ionizante para diagnóstico médico, principalmente no campo da oncologia, da diferença entre radiação e radioatividade, do decaimento radioativo, da irradiação de alimentos, da esterilização de materiais, da ética no uso de armas nucleares, da comparação do custo benefício da utilização de reatores nucleares, dentre outros (China, 2007).

Observou-se uma grande preocupação com a formação dos estudantes em cidadãos críticos e conscientes, no que diz respeito às vantagens e desvantagens do uso da energia nuclear.

Dentre os documentos educacionais até então analisados, o da China reservou um capítulo específico para o ensino da Energia Nuclear e da Radioatividade, em meio aos cinco tópicos obrigatórios.

O currículo escolar chinês deixa clara a indicação para o ensino do tema irradiação de alimentos, bem como as diversas aplicações da energia nuclear.

De acordo com outros trabalhos já mencionados, verificou-se uma intensa preocupação dos consumidores chineses com a segurança alimentar, assim, os alimentos irradiados são bem aceitos na China, uma vez que o processo de irradiação oferece a qualidade desejada.

4.4.4 – Brasil

Para complementar os objetivos deste trabalho, foram analisados os documentos oficiais educacionais do Brasil para o entendimento e compreensão dos resultados obtidos nesta pesquisa.

Verificou-se os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Ciências Naturais do Ensino Fundamental II e constatou-se que é recomendada uma abordagem de âmbito geral sobre a utilização da energia nuclear, para que o aluno possa compreender questões atuais que afetam sua própria vida e a do planeta e fazer conjecturas entre diferentes pontos de vista, além daqueles apresentados pelos cientistas (Brasil, 1998).

Contudo, na disciplina de Física, do Ensino Médio, constatou-se que o tema número 5, intitulado Matéria e Radiação, deve ser abordado no 3º ano, pois acredita-se que, nesse momento, o aluno já tenha condições de avaliar os riscos e benefícios decorridos da energia nuclear, quando diferentes radiações são utilizadas.

É recomendado ter o cuidado de não apenas apresentar a Física ao aluno para que ele saiba da sua existência, mas que a Física faça parte do cotidiano do jovem, no sentido de que seja um conhecimento a mais para ser usado como ferramenta em suas formas de pensar e agir (PCN+, 2002).

O importante é, sobretudo, promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada estudante para que ele possa perceber e compreender a Física no momento do aprendizado e não em um momento posterior.

Não se pode esquecer que as ideias sobre energia também estão presentes na Química e na Biologia; portanto é fundamental a interação entre os professores para que seja feita a correlação e a integração do tema dentro dessas disciplinas, ou seja, o conceito de energia é um só, seja nos fenômenos físicos, químicos ou biológicos (PCN+, 2002).

Os PCN₊ recomendam, com ênfase, que sejam abordadas as diversas aplicações da energia nuclear, dentre as quais destaca-se seu uso na agricultura, o que pressupõe também a irradiação de alimentos, porém não é citado especificamente o tema irradiação de alimentos.

Em consonância com esta pesquisa, diferentes trabalhos realizados no Brasil, sobre a aceitação de alimentos irradiados, deixam clara a falta de formação e informação do consumidor a respeito do tema irradiação de alimentos.

De acordo com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM), quando o assunto é o uso pacífico da energia nuclear, devem ser discutidos os perigos envolvidos, já que a história deixou ensinamentos tão dolorosos quanto aos escombros de Hiroshima (Brasil, 2006).

Este trabalho não ignora a discussão nem a importância dos dolorosos desastres ocorridos no mundo por conta do mau uso da energia nuclear, porém, há de se tomar cuidado para que a ênfase das aplicações da energia nuclear não seja focada apenas nos seus perigos descartando seus benefícios, já que este trabalho averiguou que 66% dos estudantes recém-formados do Ensino Médio, não veem benefício algum no uso da energia nuclear.

5 – CONCLUSÃO

Em relação aos países em que há boa aceitação de alimentos irradiados, assim como as informações fornecidas e qual o grau de influência sobre a quebra da barreira em relação ao consumo dos alimentos submetidos à irradiação, concluiu-se que, a partir dos resultados encontrados, ficou evidente a importância da educação no processo de aceitação de novas tecnologias por parte dos consumidores, principalmente no que diz respeito à irradiação de alimentos, uma tecnologia bem sedimentada, mas ainda relacionada a muitos mitos.

Ficou claro também que, para a informação atingir seu objetivo por meio do currículo escolar, é necessária uma educação de qualidade. Embora a energia nuclear e a irradiação de alimentos sejam conteúdos que devem ser ensinados na escola, suas abordagens não estão adequadas segundo as orientações dos currículos educacionais, o que ficou evidente de acordo com os resultados alcançados nesta pesquisa e em pesquisas feitas em outros países.

Em função disso, atitudes devem ser tomadas o mais rápido possível, começando pela conscientização dos consumidores em relação à segurança e benefícios obtidos pelo processo de irradiação, passando também por um estreitamento nas relações entre o governo e as indústrias do setor, que precisam ser fortalecidas.

Os consumidores estão cada vez mais exigentes em relação à escolha de seus alimentos e têm demonstrado grande interesse em conhecer novas tecnologias. Muitos deles estão propensos a comprar alimentos obtidos ou tratados por métodos alternativos. Entretanto, a maioria gostaria de receber mais esclarecimentos sobre o assunto, cuja necessidade de educação e divulgação mais ampla, ficou clara.

A pesquisa evidencia que, nos currículos educacionais dos demais

países pesquisados, assim como no Brasil, é recomendada a discussão das diversas aplicações da energia nuclear. Contudo, as pesquisas mostraram que a porcentagem de consumidores dos demais países, quando questionados sobre o consumo de alimentos irradiados, também foi menor antes da explicação sobre o funcionamento da tecnologia. Ou seja, se a informação sobre o assunto tivesse chegado aos estudantes desses países da forma como propõem os documentos educacionais, o número de consumidores que passaram a aceitar os alimentos irradiados, após os esclarecimentos por filmes ou panfletos informativos, não seria tão expressivo.

No Brasil, as informações sobre a irradiação de alimentos estão limitadas aos centros de pesquisas, quando muito, publicadas em revistas científicas. Sugere-se que o tema seja ensinado na escola a partir do Ensino Fundamental II, para que não haja necessidade da distribuição de panfletos informativos, cuja função, no momento, é de apenas suprir a falta de um conhecimento que deveria ter sido apreendido na escola, e não foi.

Esta proposta, se colocada em prática, poderá mudar o cenário do mercado de alimentos tratados por radiação ionizante, conforme verificado neste estudo, o qual demonstrou ser a falta de informação o fator principal que impossibilita a popularização desta tecnologia.

ANEXOS

ANEXO A – Questionário

Título da pesquisa: IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS

PARTE I – Caracterização socioeconômica e demográfica

Número do entrevistado: _____

Local: _____

1) Gênero: () Masculino () Feminino

2) Idade: _____ anos

3) Cursou o Ensino Fundamental em escola:

() Pública () Particular

4) Cursou o Ensino Médio em escola:

() Pública () Particular

5) Escolaridade:

() Superior incompleto () Superior completo

6) Município de residência: _____

PARTE II – Informações do conhecimento sobre alimentos irradiados sem esclarecimento prévio

- 7) Quando você ouve falar em energia nuclear, a impressão que você tem é:
☐ Boa ☐ Ruim
- 8) Durante o período escolar, você teve aulas sobre as diversas aplicações da energia nuclear?
☐ Sim ☐ Não
- 9) Você se preocupa com a qualidade dos alimentos que consome?
☐ Sim ☐ Não
- 10) Uma das aplicações da energia nuclear é a irradiação de alimentos. Você conhece?
☐ Sim ☐ Não
- 11) Você acredita que os alimentos irradiados se tornam radioativos?
☐ Sim ☐ Não
- 12) Você acredita que a irradiação de alimentos produz “toxinas” nos alimentos e acarreta perda de nutrientes?
☐ Sim ☐ Não
- 13) Você consumiria alimentos irradiados?
☐ Sim ☐ Não
- 14) Você sabia que materiais farmacêuticos (fraldas descartáveis, gases, seringas, agulhas, etc.) e alguns cosméticos disponíveis no mercado são esterilizados pelo processo de irradiação?
☐ Sim ☐ Não

15) Atualmente, para serem tratados, a maioria dos tipos de câncer, depende da energia nuclear. Se você soubesse que tem câncer, se submeteria a tratamentos que fazem uso da energia nuclear, como a radioterapia?

() Sim () Não

PARTE III – Informações do conhecimento sobre alimentos irradiados após esclarecimentos

16) As explicações sobre as aplicações da energia nuclear foram esclarecedoras para você?

☐ Sim ☐ Sim, mas não suficientes ☐ Não

17) Os esclarecimentos sobre a irradiação de alimentos foram importantes para você?

☐ Sim ☐ Não

18) Depois dos esclarecimentos, você acredita que a energia nuclear também pode ser usada para fins pacíficos?

☐ Sim ☐ Não

19) Depois dos esclarecimentos recebidos, sua impressão sobre a energia nuclear para conservação de alimentos é:

☐ Boa ☐ Ruim

20) Após esses esclarecimentos, você consumiria alimentos irradiados?

☐ Sim ☐ Não

21) Você acha que os alimentos que você consome, deveriam ter um selo indicando qual o método de conservação ou esterilização, que nele está sendo usado?

☐ Sim ☐ Não

22) Você gostaria de saber mais sobre esse assunto?

☐ Sim ☐ Não

23) Você acha que é direito de todo cidadão receber informações sobre os benefícios e malefícios da energia nuclear?

☐ Sim ☐ Não

24) Na sua opinião, essas informações devem ser transmitidas por meio de:

- () Programas educacionais, desde a escola básica.
- () Campanhas esporádicas na mídia.
- () Jornais e revistas.

Obrigada pela sua colaboração!

Pesquisadora: Leila Modanez

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F. J. X. **Efeito da radiação gama na validade comercial da carne de cordeiros Santa Inês embalada a vácuo e frigorificada**. 2008. Tese (Doutorado) – UFF, Niterói.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 12 mar. 2010.

ARTHUR, V. Influência da radiação gama na longevidade da lagarta de *Plodia interpunctella* (Hubner, 1913) (Lepdoptera-Pyralidae) em dieta artificial. **Energia Nuclear na Agricultura**, v. 9, p. 28-35, 1988.

ARTHUR, V. Controle de insetos-pragas por radiações ionizantes. **O Biológico**, v. 59, p. 77-79, 1997.

ARTHUR, V.; GROPPPO, A. G.; TESARIOLI NETO, J. Dose esterilizante de radiação gama do Cobalto-60 para adultos de *Tuta absoluta* (Meyrich) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Revista de Agricultura**, 2001.

BENDINI, A.; GALINA, T.; LERCKER, G. Influence of gamma irradiation and microwaves on the linear unsaturated hydrocarbon fraction in spices. **Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung A**. v.207, p. 214–218, 1998.

BOAVENTURA, M. Irradiação. **Minas Faz Ciência**. Minas Gerais, n. 21, dez. 2004/maio 2005. Disponível em: <<http://revista.fapemig.br/materia.php/id=220>>. Acesso em: 03 ago. 2010.

BRASIL – ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Resolução nº 21, de 26 de janeiro 2001. Disponível em: <http://anvisa.gov.br/legis/resol/21_01rdc.htm> Acesso em: 28 abr. 2009.

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 9, de 24 de fevereiro de 2011. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 12 mar. 2011.

BRASIL – Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde – SVS. **Manual Integrado de Prevenção e Controle de Doenças Transmitidas por Alimentos**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2010.

BRASIL – Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL – Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental**. Ciências Naturais. Brasília: MEC, 1998. Disponível em: <<http://www.mec.gov>>. Acesso em: 16 mar. 2010.

BRUHN, C. M.; MASON, A. Science and Society: A Public Information Program on Food Innovations, Final Report, USDA FY 1994 Special Projects, Project nº 94-EFSQ-1-4141, United States Department of Agriculture, Washington, DC, 1996.

BRUHN, C. M. Consumer attitudes and Market response to irradiated food. **Journal of Food Protection**, n. 58, p. 175-181, 1995.

CAC – Consumers Association of Canada. **Food Irradiation Survey**, feb. 14, 2012.

CARDELLO, A. V. Food stereotypes: prejudice in the pantry. **Cereal Foods World**, v.42, n. 4, p. 231-233. 1997.

CARDELLO, A. V.; SCHUTZ, H. G.; LESHER, L. L. Consumer perceptions of food processed by innovative and emerging technologies: a conjoint analytic study. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, n. 8, p. 73-83, 2007.

CCAH – Comitê Científico de Alimentação Humana. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu>>. Acesso em: 13 jan. 2012.

CENA/USP – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Campus “Luiz Queiroz”. Irradiação de alimentos. Disponível em: <<http://www.cena.usp.br>> Acesso em: 05 fev. 2012.

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Estudo da Cadeia de Suprimento do Programa Nuclear Brasileiro. Relatório Parcial : Irradiadores e Aplicação. **Panorama – Análise de oportunidades e desafios para o segmento de Irradiadores e Aplicações na Cadeia Produtiva do Agronegócio**. Brasília, nov. 2010.

CHANDER, R.; CHAWLA, S. P.; KANATT, S. R. The role of irradiation on microbiological safety and shelf-life extension of non-sterile and sterile convenience meat products stored at ambient temperatures. **Radiation processing for safe, shelf- stable and ready-to-eat food**. Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada: July 10-14, 2000. IAEA, 2003. p. 264.

CHINA – HKSAR. Recommended for use in schools by the Education and Manpower Bureau. **Key Learning Area Curriculum Guide (Primary 1 – Secondary 3). Science Education.** 2002. Disponível em: <<http://www.edb.gov.hk>>. Acesso em: 27 mar. 2011.

CHINA – HKSARG. Recommended for use in schools by the Education and Manpower Bureau. **Curriculum Development Council and the Hong Kong Examinations and Assessment Authority. Physics Curriculum and Assessment Guide (Secondary 4 - 6).** 2007. Disponível em: <<http://www.edb.gov.hk>>. Acesso em: 27 mar. 2011.

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Radiações Ionizantes e a vida.** Disponível em: <<http://www.cnem.gov.br/ensino/apostilas/rad-ion.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2010.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques.** 3.ed. New York, J.Wiley, 1977.

CURZIO, O. A.; CROCI, C. A. Studies of Pre-Commercial Scale Irradiation of Onions and Garlic to Control Sprouting, Final report, research Contract nº 4453/R2/RB, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 1990.

CURZIO, O. A.; CROCI, C. A.; URIOSTE, A. M. Marketing trials with irradiated onions and garlic in Argentina. **Food Irrad. NewsI.** v. 10, n. 1, p. 44-45, IAEA, Vienna, Áustria, 1986.

DELINCÉE, H.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H.; MANCINI-FILHO, J. Protein quality of irradiated Brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, v.52, n. 1-6, p. 43-48, 1998.

DeRUITER, F. E. & DWYER, J. Consumer acceptance of irradiated foods: dawn of a new era? **Food Service Technology**, v. 2, n. 2, p. 47-58, 2002.

EL-FOULY, M. E. Z.; KAREM, H. A.; ELDIN, N. S.; FARAG, D. E.; EL-KHATIB, M.; MAGEED, M. A. Commercial Feasibility and Evaluation of Consumer Acceptance for Certain Irradiated Food Products in Egypt. Cairo, Egypt. In: **Study of the impact of food irradiation on preventing losses: Experience in Africa.** Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Pretoria, South Africa, 20–24 September 1999. IAEA, Vienna, may. 2002.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 4 abr. 2012.

EPA/USA – United States Environment Protection Agency. Disponível em: <http://www.epa.gov/rpdweb00/sources/food_history.html>. Acesso em: 08 out. 2011.

EUA – Commonwealth of Virginia. Board of Education. **Science Standards of Learning Curriculum Framework**. Physics. Richmond, Virginia. 2003. Disponível em:

<http://www.doe.virginia.gov/testing/sol/standards_docs/science/index.shtm>.

Acesso em: 28 mar. 2011.

FAN, X.; SOKORAL, K. J. B. Changes in volatile compounds of γ -irradiated fresh cilantro leaves during cold storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p. 7622-7626, 2002.

FAO – Food and Agricultural Organization. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 14 fev. 2010.

FARKAS, J. Decontamination including parasite control of dried chilled and frozen foods by irradiation. **Acta Alimentaria**, v. 16, p. 351-384, 1987.

FARKAS, J. Irradiation for better foods. **Trends Food Science Technology**., v. 17, p. 148-152, 2006.

FDA – U.S. Food and Drugs Administration. Disponível em: <<http://www.fda.gov>>. Acesso em: 18 mai. 2009.

FORD, N. J.; RENNIE, D. M. Consumer understanding of food irradiation. **J. Consumer Studies Home Econ**, v. 11, p. 305-320, 1987.

FOX, J. A. Influences on purchase of irradiated foods. **Food Technology**, v.56, n. 11, p. 34-37, 2002.

FRANÇA, H. Brasileiro ainda desconhece benefícios da irradiação de alimentos. **Agência Brasil**. Brasília, 5 maio, 2000. Disponível em: <<http://www.radiobras.gov.br>> . Acesso em: 13 ago. 2009.

FRANCE – Ministère de l'Éducation nationale Direction générale de l'enseignement scolaire. **Collection Textes de référence – Collège Programmes**. Physique – Chimie. 1ère édition, septembre. 2007. Disponível em: <www.education.gouv.fr>. Acesso em: 28 mar. 2011.

FRANCISCO, D. C.; NASCIMENTO, V. P.; LOGUERCIO, A. P.; CAMARGO, L. Caracterização do consumidor de carne de frango da cidade de Porto Alegre. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 253-258, 2007.

FREWER, L. J.; HOWARD, C.; SHEPHERD, R. Effective communication about genetic engineering and food. **British Food Journal**, v. 98, n. 4-5, p. 48-52. 1996.

FREWER, L. J.; HOWARD, C.; SHEPHERD, R. Genetic engineering and food: what determines consumer acceptance? **British Food Journal**, v. 97, n. 8, p. 31-36. 1995.

FUMENTO, M. Irradiation: a winning recipe for wholesome beef. **Priorities**, v. 6, n. 2, p. 37-39, 1994.

FURUTA, M.; HAYASHI, T.; KAKEFU, T. & NISHIHARA, H. Public status toward radiation and irradiated potatoes at "Youngster's Science Festival" in several cities including Tokyo, Osaka, and Hiroshima, Japan. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 57, p. 325-328, 2000.

GUNES, G.; TEKIN, M. D. Consumer awareness and acceptance of irradiated foods: Results of a survey conducted on Turkish consumers. **Food Science and Technology**, v. 39, n. 4, p. 443-447, 2006.

HASHIM, I. B.; RESURRECCION, A. V. A.; McWATTERS, K. H. Consumer attitudes toward irradiated poultry. **Food Technology**, v. 50, n. 3, p. 77-80, 1996.

HE, S.; FLETCHER, S.; RIMAL, A. Attitudes, acceptance, and consumption: the case of beef irradiation. **Journal of Food Distribution Research**, v. 36, n. 1, p. 65-70, 2005.

IAEA – International Atomic Energy Agency. Disponível em: <<http://www.iaea.org>>. Acesso em: 28 abr. 2012.

ICGFI – International Consultative Group on Food Irradiation. Consumer Attitudes and Market response to Irradiated Food. Vienna, Áustria, 1999.

IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Disponível em: <<http://www.ipen.br>>. Acesso em: 11 fev. 2012.

JUNQUEIRA-GONÇALVES, M. P.; GALOTTO, M. J.; VELENZUELA, X.; DINTEN, C. M.; AGUIRRE, P.; MILTZ, J. Perception and view of consumers on food irradiation and the Radura symbol. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 80, p. 119-122, jan. 2011.

KURAMOTO, E. Os dividendos da Tecnologia Nuclear. **Custo Brasil**, n. 02, p.34-35, 2008.

LAGUNAS-SOLAR, M. C. Radiation Processing of foods: an overview of scientific principles and current status. **J. Food Prot.**, v. 58, n. 2, p. 186-192, 1995.

LAIZIER, J. Test market of irradiated strawberries in France. **Food Irradiation Newsletter**, n.11 2, p. 45-46, IAEA, Vienna, 1987.

LEAL, A. S. UFMG, CDTN e Funed pesquisam efeitos da irradiação de alimentos – uso da tecnologia melhora a qualidade e abre portas para produtos brasileiros no exterior. **Boletim Informativo UFMG**. Belo Horizonte, a. 31, n. 1468, jan. 2005. Disponível em: <<http://www.ufmg.br/boletim/bol1468/quinta.shtml>>. Acesso em: 3 ago. 2010.

LEONEL, F. R. **Irradiação e Qualidade da Carne de Frango Congelada e Embalada a Vácuo**. 2008. Tese (Doutorado) – UNESP, Jaboticabal.

LOAHARANU, P. Food irradiation in developing countries a practical alternative. **International Atomic Energy Agency Bulletins 1**, p. 30-35, 1994.

MALISKA, C. Conservação de alimentos por irradiação. **Revista Higiene Alimentar**, v. 11, n. 68-69, p. 16-17, 2000.

MARTIN, A. Is the U.S. ready to accept irradiated food? **The New York Time**, New York, 3 fev. 2009. Disponível em: <<http://www.nytimes.com/2009/02/02/business/worldbusiness/02iht-irradiate.4.19872713.html?pagewanted=all>>. Acesso em: 15 set. 2011.

MICROSOFT Excel 2007. Office Excel 2007 (software em português). Microsoft Corporation, 2007. Conjunto de programas. 1 CD-ROM.

MINITAB. 2008. Minitab for Windows [Minitab- Inc, USA] Versão 15. English Ink Copyright [C].

MIYAGUSKU, L.; CHEN, F.; LEITÃO, M. F. de F.; BAFFA, O. Avaliação microbiológica e sensorial da vida útil de cortes de peito de frango irradiados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 23, dez. 2003.

MURANO, E. A. Irradiation of fresh meats. **Food Technology**. Chicago, p. 52-54, 1995.

NAYGA, R. M.; AIEW, W.; NICHOLS, J. P. Information effects on consumers' willingness to purchase irradiated food products. **Review of Agricultural Economics**, v. 27, n. 1, p. 37-48, 2005.

OCDE – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico. **Education at a Glance 2011: Highlights**, Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/eag_highlights-2011-en>. Acesso em: 19 fev. 2012.

ORNELLAS, C. B. D., GONÇALVES, M. P. J., SILVA, P. R., MARTINS, R. T. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 26, n. 1, p. 211-213, 2006.

PEREIRA, G. R.; FILHO, M. V. B.; NEVES, M. A. Um estudo sobre a inserção do tema “Energia Nuclear” no Ensino Médio de municípios da Baixada Fluminense – RJ. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Enpec, VII, 8, nov., 2009, Florianópolis.

POLHMAN, A. J.; WOOD, O. B.; MASON, A. C. Influence of audiovisuals and food samples on consumer acceptance of food irradiation. **Food Technology**, v. 48, n. 12, p. 46-49, 1994.

RESURRECCION, A. V. A. & GALVEZ, F. C. F. Will consumer buy irradiated beef? **Food Technology**, v. 53, n. 3, p. 52-56, 1999.

RESURRECCION, A. V. A.; GALVEZ, F. C. F.; FLETCHER, S. M.; MISRA, S. K. Consumer attitudes toward irradiated food: Results of a new study. **J. Food Prot.**, Ames, v.58, n. 2, p. 193-196, 1995.

SÁDECKÁ, J. Irradiation of spices – a review. **Czech Journal Food Science**, v. 25, p. 231-242, 2007.

SANTOS, A. F.; VIZEU, D. D.; DESTRO, M. T.; FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. Determinação da dose de radiação gama para reduzir a população de *Salmonella* ssp em carne de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 23, n. 2, mai./ago. 2003.

SILVA, K. D.; BRAGA, V. O.; QUINTAES, K. D.; HAJ-ISA, N. M. A.; NASCIMENTO, E. S. Conhecimento e atitudes sobre alimentos irradiados de nutricionistas que atuam na docência. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, set. 2010.

SIQUEIRA, A. A. Z. C. **Efeitos da Irradiação e Refrigeração na Qualidade e no Valor Nutritivo da Tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 2001. Tese (Doutorado) – CENA/USP, Piracicaba.

SCHUTZ, H. G.; BRUHN, C. M.; DIAZ-KNAUF, K. V. Consumer attitudes towards irradiated foods: Effects of labeling and benefits information, **Food Technology**, v. 43, p. 80-86. 1989.

SCHUTZ, H. G.; CARDELLO, A. V. Information effects on acceptance of irradiated foods in a military population. **Dairy Food and Environmental Sanitation**, v. 17, n. 8, p. 470-481, 1997.

SPOLAORE, A. J. G.; GERMANO, M. I. S.; GERMANO, P. M. L. Irradiação de alimentos. In: Germano, P. M. L.; Germano, M. I. S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**. São Paulo, Varela, Parte 27, p. 421-39, 2001.

TAITT, C. R. ; SHUBIN, Y. S. ; ANGEL, R. Detection of *Salmonella enterica* Sevorar Typhimurium by using a Rapid, Array-Based Immunosensor. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 70, p. 152-158, 2004.

TOLEDO, T. C. F.; CANNIANTTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V.; PIEDADE, S. M. S., Efeito da radiação gama na absorção de água e no tempo de cocção de cultivares de soja. **Bragantia**. Campinas, v.66, n.4, p.565-570, 2007.

U.S.GAO – United States General Accounting Office – EPA/USA, 2012. Disponível em: <<http://www.gao.gov>>. Acesso em: 13 out. 2011.

VILLACICENCIO, A. L. C. H. **Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de 60 Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais dos feijões *Phaseolus vulgaris* L. *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** 1998. Tese (Doutorado) – FCF/USP, São Paulo.

WHO – World Health Organization. Disponível em: <<http://www.who.int>>. Acesso em: 11 fev. 2010.

WIELAND, P.; LUSTOSA, L. J.; SOARES, T. D. L. V. A. M. **Alimentos preservados com radiação: a vantagem competitiva que falta ao Brasil**. Rev. FAE, Curitiba, v.13, n.2, p. 1-16, jul /dez. 2010.

WIENDL, F. M.; WIENDL, F. W.; WIENDL, J. A.; VEDOVATTO, A.; ARTHUR, V. Increase of onion yield through dose of gamma irradiation of its seeds. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 46, p. 925-1432, set. 1995.

ZHICHENG, X.; DONG, C.; FUYING, H.; DEYAO, Z. Radiation preservation and testmarketing of fruits and vegetables. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 42, p. 253-257, set. 1993.