

Divulgação de tecnologias nucleares para a sociedade

Dissemination of nuclear technologies to society

Difusión de tecnologías nucleares a la sociedad

Recebido: 17/03/2021 | Revisado: 23/03/2021 | Aceito: 28/03/2021 | Publicado: 05/04/2021

Laura Cardoso Takahashi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8200-1132>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: laura.c.takahashi@gmail.com

Natália Fonteira Taveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1377-7105>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: natyfontaveira@hotmail.com

Bárbara Braga Gualberto Correa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6016-8153>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: barbarabgual@hotmail.com

Resumo

A tecnologia nuclear é a manipulação da radiação ionizante de forma controlada para aplicação em diversas áreas, como na área da saúde, na geração de energia elétrica por usinas nucleares, na indústria, agricultura, meio ambiente entre outras. No entanto, a maioria das aplicações benéficas e essenciais das tecnologias nucleares ainda são desconhecidas e estereotipadas pela população. Por isso, é necessária a divulgação científica para a conscientização da sociedade sobre esse assunto. O presente trabalho visou divulgar e conscientizar sobre tecnologias nucleares e a relação delas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas. Desta forma, foi construído e aplicado um questionário para traçar o perfil do público a ser alcançado, seguido da criação de um perfil nas mídias sociais, chamado Nucleotiza, para esclarecimento e divulgação dos benefícios e importância das tecnologias nucleares. Foram elaboradas estratégias de divulgação científica e de comunicação de forma a dialogar com o público não nuclear de maneira clara e simples, como palestras para alunos do ensino fundamental, médio e da graduação. O Nucleotiza alcançou seguidores nacionais e internacionais de 24 países e 250 cidades, 24 estados brasileiros, aproximadamente 100 cidades do estado de Minas Gerais, 134 cidades na região sudeste e 183 cidades brasileiras contabilizadas em 2018. A metodologia construída e determinada para o trabalho mostrou-se eficiente e aplicável em outros trabalhos de divulgação científica e conscientização.

Palavras-chave: Tecnologia nuclear, Divulgação, Aplicações, ODS.

Abstract

Nuclear technology is the manipulation of ionizing radiation in a controlled way for application in various areas, such as in the area of health, in the generation of electricity by nuclear power plants, in industry, agriculture, environment among others. However, most beneficial and essential applications of nuclear technologies are still unknown and stereotyped by the population. Therefore, scientific dissemination is necessary for society's awareness of this subject. The present work aimed to disseminate and raise awareness about nuclear technologies and their relationship with the Sustainable Development Goals of the United Nations. Thus, a questionnaire was constructed and applied to trace the profile of the public to be reached, followed by the creation of a profile on social media, called Nucleotiza, to clarify and disseminate the benefits and importance of nuclear technologies. Strategies of scientific dissemination and communication were elaborated in order to dialogue with the non-nuclear public in a clear and simple way, such as lectures for elementary, high school and undergraduate students. Nucleotiza has reached national and international followers from 24 countries and 250 cities, 24 Brazilian states, approximately 100 cities in the state of Minas Gerais, 134 cities in the southeast region and 183 Brazilian cities counted in 2018. The methodology constructed and determined for the work proved to be efficient and applicable in other scientific dissemination and awareness studies.

Keywords: Nuclear technology, Dissemination, Applications, ODS.

Resumen

La tecnología nuclear es la manipulación de la radiación ionizante de forma controlada para su aplicación en diversas áreas, como en el ámbito de la salud, en la generación de electricidad por centrales nucleares, en la industria, la agricultura, el medio ambiente, entre otros. Sin embargo, las aplicaciones más beneficiosas y esenciales de las tecnologías nucleares siguen siendo desconocidas y estereotipadas por la población. Por lo tanto, la divulgación científica es necesaria para la conciencia de la

sociedad sobre este tema. La labor actual tenía por objeto difundir y sensibilizar sobre las tecnologías nucleares y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Así, se construyó un cuestionario y se aplicó para rastrear el perfil del público a alcanzar, seguido de la creación de un perfil en las redes sociales, llamado Nucleotiza, para aclarar y difundir los beneficios y la importancia de las tecnologías nucleares. Se elaboraron estrategias de divulgación científica y comunicación para dialogar con el público no nuclear de una manera clara y sencilla, como conferencias para estudiantes de primaria, secundaria y pregrado. Nucleotiza ha alcanzado seguidores nacionales e internacionales de 24 países y 250 ciudades, 24 estados brasileños, aproximadamente 100 ciudades en el estado de Minas Gerais, 134 ciudades de la región sureste y 183 ciudades brasileñas contabilizadas en 2018. La metodología construida y determinada para el trabajo demostró ser eficiente y aplicable en otros estudios de divulgación científica y sensibilización.

Palabras clave: Tecnología nuclear, Difusión, Aplicaciones, ODS.

1. Introdução

A tecnologia nuclear é a manipulação da radiação ionizante e aplicação da mesma em diversas áreas como medicina, indústria, agricultura, meio ambiente, energia entre outras. As técnicas nucleares estão em constante aprimoramento, ampliando o escopo de suas aplicações, devido às suas características exclusivas, as quais não são encontradas em outros métodos. No entanto, o conhecimento da população sobre os benefícios da energia nuclear é escasso, provavelmente devido à escassez de divulgação dos mesmos (Cardoso, 2004). Além disso, acontecimentos como as bombas nucleares que atingiram Hiroshima e Nagasaki durante a segunda guerra mundial em 1945, o acidente radiológico ocorrido em Goiânia (Brasil) em 1987, os acidentes nucleares de Chernobyl (Ucrânia) e Fukushima (Japão) ocorridos nos anos 1986 e 2011, respectivamente, entre outros, colaboraram para que a área nuclear fosse vista negativamente. Esses fatos dificultam a comunicação e discussões ponderadas sobre os benefícios dessas tecnologias para a sociedade (Gonçalves et al., 2005).

De acordo com o Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia (CONTER), o medo infundido nos brasileiros ao se tratar de radiação ionizante limita o desenvolvimento e utilização dessa tecnologia em diversas aplicações, como, por exemplo, a irradiação de alimentos. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), no Brasil o desperdício médio de alimentos chega a 64% (ONU, 2020), devido a diversos fatores como problemas na logística de distribuição e contaminação por bactérias, parasitas, vírus e toxinas. Uma forma de evitar a carga microbiana é a irradiação de alimentos, uma técnica de esterilização aprovada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) com finalidade sanitária, fitossanitária e tecnológica. Alimentos irradiados mantém as características organolépticas e nutricionais, além de serem seguros para o consumo (Rodrigues et al., 2021). No entanto existe grande rejeição da utilização da radiação nos alimentos por parte dos consumidores o que impacta negativamente a aplicação industrial desta técnica (Tomaz, 2014). Uma pesquisa realizada na Itália investigou a disposição dos consumidores em aceitar alimentos irradiados e a relação entre o consumo destes alimentos com características sociodemográficas. Entre as motivações da pesquisa está a necessidade de redução da perda e desperdício de alimentos naquele país. Os resultados mostraram que o risco à saúde que os consumidores percebem afeta a aceitabilidade dos alimentos irradiados e que o consumo também é afetado por características socioeconômicas, como idade, renda mensal e área geográfica em que os consumidores vivem (Galati et al., 2019).

As tecnologias nucleares acompanham as necessidades contemporâneas. Durante o ano de 2020, o mundo foi acometido pela Pandemia do Coronavírus causada pelo SARS-CoV-2, conhecido como COVID-19. Dados da Organização Pan-Americana da Saúde da Organização Mundial da Saúde (OPAS/OMS) apontam mais de 107.423.526 casos confirmados e 2.360.280 mortes no mundo (OPAS/OMS, 2021) em 2021. A radiação ionizante está sendo utilizada em diversas áreas para o enfrentamento do COVID-19. Sua presença é notória no diagnóstico e tratamento da doença, auxilia para o aumento da disponibilidade e esterilização de equipamentos de proteção individual e em pesquisas para compreender melhor o comportamento do vírus para assim, traçar medidas adequadas para proteger as pessoas (CDTN, 2020). No estudo da Síndrome Respiratória, uma das complicações da infecção pelo COVID-19, achados radiológicos importantes dessa síndrome

tem sido encontrados utilizando imagens de raios X, tomografia computadorizada e ressonância magnética, sendo sugerida a utilização de exames de diagnóstico por imagem concomitantemente com os exames laboratoriais para um diagnóstico mais preciso, sendo ainda recomendado que os profissionais utilizem o Protocolo de Manejo Clínico da COVID-19 na Atenção Especializada do Ministério da Saúde ao realizar tais exames (Ederli, et al, 2020). Outra aplicação da área nuclear é a medicina nuclear, também de significativa importância para o diagnóstico e tratamento do COVID-19. A medicina nuclear é uma técnica empregada para diagnosticar e tratar diversas doenças, usualmente, o câncer, por meio de radiofármacos, ou seja, um elemento radioativo combinado com um fármaco (Araújo et al, 2020). A revisão da literatura de Lima et al (2021) ressalta esse aspecto, além de relatar a eficácia da terapia com os radioisótopos pertecnetato de sódio e iodo 131, ambos muito utilizados na medicina nuclear. Em seu trabalho, os autores confirmam a eficácia de aplicar esses radioisótopos, sendo este um método seguro, de baixo custo e que expõe o paciente à baixa dose de radiação (Lima et al, 2021).

A radiação nuclear tem papel cada vez mais importante na qualidade de vida da humanidade, colaborando para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODM) da Organização das Nações Unidas. Por exemplo, no que se refere à meta de reduzir a mortalidade prematura por doenças não transmissíveis, como câncer, a um terço até 2030, a contribuição da radioterapia é inestimável, sendo decisiva para aumento da sobrevivência em mais de 50% dos casos (Datta et al., 2019). No entanto, novas aplicações e desenvolvimento sustentável da energia nuclear na área nuclear, como um todo, ainda dependem muito da aceitação pública, uma questão importante para a comunidade científica. A aceitação, por sua vez, está ligada ao conhecimento e à quebra de barreiras que, uma vez vencidas, poderão orientar a formulação de políticas futuras e o estabelecimento de um programa de energia nuclear baseado na sustentabilidade.

Neste sentido, Milanez e colaboradores (2006) fizeram um levantamento de dados da opinião pública sobre a energia nuclear. Os entrevistados eram universitários e pessoas do público em geral. De acordo com a pesquisa, os termos mais frequentes associados à área nuclear foram bomba, perigo, radioatividade e usina nuclear. Mais de 12% do público em geral e aproximadamente 8% do público universitário não souberam correlacionar energia nuclear com outro termo. Os resultados mostraram também que apenas 20% do público universitário e 14% do público em geral morariam próximos a uma usina nuclear. As principais vantagens da área nuclear registradas pelos entrevistados incluíram baixo impacto, capacidade, eficiência e o fato de ser uma fonte alternativa de geração de energia elétrica, embora mais de 25% do público geral não ter respondido essa pergunta. Dentre as desvantagens foram citados os riscos, resíduos, poluição e radiação, sendo que, novamente, mais de 20% do público geral não soube responder a essa pergunta (Milanez et al., 2006).

Na China, onde número de usinas nucleares em construção ocupa o primeiro lugar no mundo, têm sido realizados estudos interessantes sobre a aceitação pública da energia nuclear. Em um destes estudos, avaliou-se a percepção pública e os determinantes da aceitação da energia nuclear e verificou-se que o conhecimento e aceitação pública sobre energia nuclear estão mais relacionados ao benefício percebido do que ao risco esperado percebido (Wang et al., 2019). Em outra pesquisa, a relação entre o risco/benefício percebido foi avaliada dentro de um contexto cultural, observando-se a diferença de percepção individual e coletiva, por meio de um modelo teórico. O benefício percebido mostrou ser o fator mais importante para a aceitação pública (Xia et al., 2019).

Visando “aumentar a aceitação pública e informar sobre o setor nuclear e seus avanços”, o Programa de Aceitação Pública (Apub) da Associação Brasileira de Energia Nuclear (ABEN) criou o projeto Embaixadores Nucleares da ABEN. Esta iniciativa teve como objetivo “promover as tecnologias nucleares que influenciam no desenvolvimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, por meio da divulgação e conscientização das pessoas de forma criativa e abrangendo o maior número de pessoas possível” (ABEN, 2017). Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) são compostos por dezessete objetivos que deveriam ser implementados por todos os países até 2030 (ONU,

2015). Dentre esses objetivos, cento e sessenta e nove metas sucedem e atualizam dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Algumas das temáticas dos ODS são erradicação da pobreza, segurança alimentar e na agricultura, saúde, educação, igualdade de gênero, redução da desigualdade, cidades sustentáveis, energia, mudança no clima, proteção e uso sustentável dos oceanos e ecossistema terrestre entre outras. Segundo o Ministério das Relações Exteriores (MRE, 2020). O Brasil tem se empenhado e inovado em termos de políticas públicas para os ODS, o que contribui para a integração das dimensões econômicas, social e ambiental do desenvolvimento sustentável (MRE, 2020).

O projeto Embaixadores Nucleares da ABEN deu origem ao presente trabalho, cujo objetivo foi conscientizar a sociedade sobre tecnologias nucleares e a relação delas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

2. Metodologia

O embasamento da metodologia escolhida para a realização deste trabalho foi inspirado em diversas ações de divulgação científica, principalmente as que usufruem das redes sociais. Essas ações não possuem uma metodologia específica, pois variam dependendo do objetivo que se espera a serem alcançados, recursos disponíveis, entre outros fatores. Assim, o método de pesquisa tecnológica em que este trabalho se inclui é a pesquisa exploratória, pois permite explorar temas pouco conhecidos, como, no caso, a divulgação e conscientização científica da área nuclear no Brasil e no mundo. Os dados obtidos neste método de pesquisa podem ser quantitativos e/ou qualitativos, além de alcançar o objetivo individual do trabalho, acrescenta conhecimentos até então inexplorados sobre o tema (Martelli et al, 2020). Os resultados qualitativos estão diretamente relacionados com as observações e interpretação dos autores, sendo assim é necessário tornar os resultados o mais reais e fidedignos possível. Isso pode ser feito com um planejamento cuidadoso do trabalho a ser realizado para que a observação seja sistemática (Lüdke e André, 2013).

O projeto foi desenvolvido em um período de dois anos entre abril de 2018 e outubro de 2019. O mesmo foi iniciado com a elaboração e aplicação de um questionário para avaliar o perfil e demandas do público a ser alcançado. A partir da análise das respostas, foram elaboradas estratégias de comunicação, por meio das quais foi construído um conhecimento gradativo da área nuclear partindo da radioatividade natural e aplicações, seguido pela interface da área nuclear com diversas profissões. Por fim, pesquisas desenvolvidas na área nuclear, que contribuíram para os ODS, foram apresentadas para a sociedade. A divulgação presencial também foi realizada por meio de palestras em escolas de ensino fundamental, médio e em universidade. Todo o desenvolvimento deste trabalho foi registrado com fotografias, algumas das quais estão apresentadas ao decorrer deste artigo. A respeito aos direitos de imagens das pessoas, os autores preservaram os rostos de terceiros que apareceram nas fotografias deixando apenas o rosto das autoras e de um colaborador que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) autorizando o direito de usar suas imagens.

2.1 Elaboração e aplicação de questionários

A aplicação de questionários permite um estudo social e é uma das técnicas para pesquisas abordadas no livro “Metodologia de pesquisa científica” escrito por Pereira e colaboradores (2018). Os questionários permitem ter uma grande amostra de respostas, além disso, podem ser respondidos de forma anônima e divulgados de maneira impressa ou virtual. Sendo importante que as perguntas do questionário sejam bem escritas visto que quem irá responder não terá auxílio para eventuais dúvidas (Pereira, 2018). Os questionários virtuais evitam que o elaborador do mesmo imponha juízo de opinião ao fazer as perguntas para o entrevistado, o que prejudica os verdadeiros resultados. A “perspectiva do sujeito” traz consigo toda

uma vivência, valores culturais, experiências diárias que são importantes para entender o porquê da posição do sujeito sobre determinado assunto (Lüdke e André, 2013).

O questionário foi elaborado pelas autoras deste trabalho que na época eram discentes do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O mesmo era composto por perguntas gerais (sexo, idade e escolaridade) e perguntas sobre a radiação ionizante presente no dia a dia das pessoas. As perguntas possuíam um linguajar simples e seguiram uma sequência lógica partindo de perguntas objetivas sobre o conhecimento da radioatividade natural, seguido por questões sobre aplicações da tecnologia nuclear e concluía com perguntas dissertativas sobre energia nuclear.

Os entrevistados foram alcançados através do compartilhamento do *link* do formulário nas redes sociais das autoras e dos seus colaboradores e no *e-mail* de algumas instituições educacionais que concordaram em divulgar o projeto. Os questionários foram respondidos anonimamente e voluntariamente pela plataforma *Google Forms*. Sendo assim, a aplicação dos mesmos foi realizada virtualmente. Enquetes realizadas utilizando o *Facebook* complementaram os dados utilizados para a elaboração do conteúdo a ser desenvolvido nas etapas seguintes do projeto. As respostas obtidas foram interpretadas de maneira quantitativa e qualitativa.

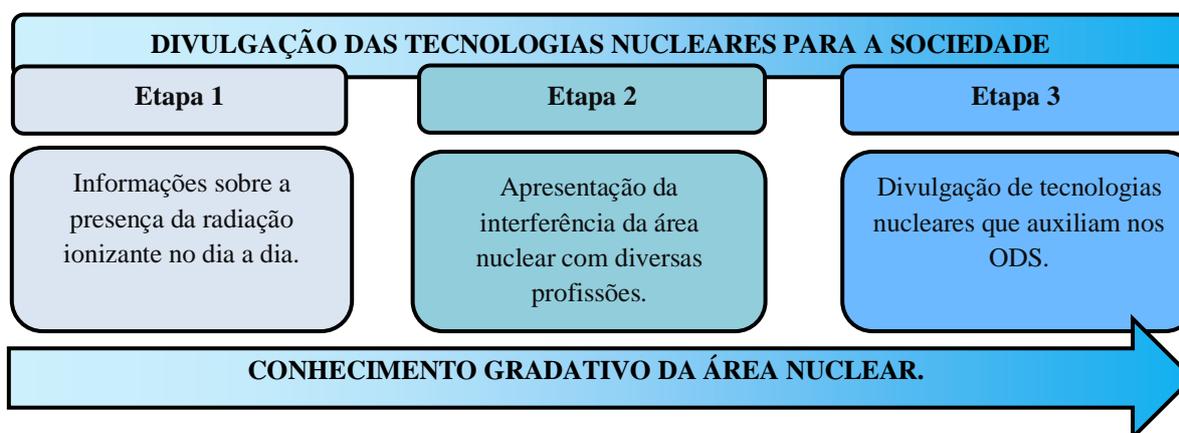
2.2 Elaboração de estratégias de comunicação

Segundo Dias (2020), a ciência da informação vem tomando espaço dentro da sociedade com a ajuda da *internet*. Os conhecimentos que as pessoas adquirem através da divulgação das informações no ramo da ciência impactam o crescimento social. A divulgação científica para o público leigo possui algumas características como linguagem dinâmica, simples e coloquial, uso de canais de comunicação informais, como as redes sociais que estão presentes em diversos segmentos sociais. Além disso, elas proporcionam um canal de diálogo entre o público e o pesquisador (Dias, 2020). A ciência divulgada nas mídias sociais pode ser abordada de diferentes maneiras e apresenta elementos como o humor, imagens cômicas e meme. Tudo isso ajuda a publicação/informação a viralizar e alcançar um maior número de pessoas que podem ser de diferentes idades, classes sociais, profissões entre outros grupos (Mendes e Maricato, 2020).

Após a análise das respostas do questionário, foram elaboradas estratégias de comunicação para o desenvolvimento do presente trabalho. O público alvo selecionado foram estudantes do ensino superior. Sendo assim, para atingir o público, optou-se pelo uso das redes sociais, sendo criada uma plataforma de comunicação denominada Nucleotiza – Nuclear Conscientiza que foi divulgada virtualmente através do *Facebook* (Nucleotiza – Embaixadores Nucleares), *Instagram* (@embaixadores_nucleotiza), *Twitter* (@nucleotiza), *LinkedIn* (Nucleotiza – Nuclear Conscientiza), *Gmail* (nucleotiza@gmail.com), *Whatsapp* (55 (31) 9 8441-9251) e *Youtube* (Nucleotiza). As postagens foram elaboradas utilizando linguagem acessível ao público em geral e o conteúdo gráfico foi elaborado para ser simples e lúdico para maior alcance social.

Os perfis sociais foram divulgados por meio da elaboração de camisetas e panfletos, que foram distribuídos em universidades, escolas e diversos outros locais, participação dos membros do Nucleotiza em eventos científicos e compartilhados por meios de comunicação virtuais, como *e-mails* e perfis do *Facebook* e *Instagram*. O conteúdo postado nos perfis sociais seguiu uma metodologia de construção gradativa do conhecimento da área nuclear, como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Etapas da estratégia de comunicação para divulgação da tecnologia nuclear.



Fonte: Autoras.

2.3 Realização de palestras educativas

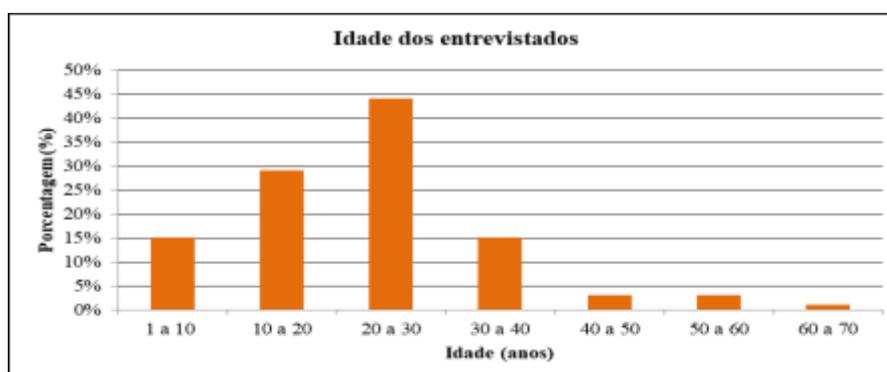
Com a metodologia de comunicação estabelecida e aplicada virtualmente iniciou-se a divulgação das tecnologias nucleares de forma presencial. Desta forma, palestras educativas foram preparadas e disponibilizadas para a comunidade com conteúdo adequado à faixa etária dos participantes, incluindo jogos, dinâmicas, conteúdo virtual e materiais visuais. As palestras eram focadas em estabelecer um diálogo saudável com o público, permitindo que eles interagissem e se sentissem a vontade para expor suas opiniões.

2. Resultados e Discussões

3.1 Avaliação das respostas dos questionários

Noventa e seis pessoas enviaram respostas para o questionário, sendo 56,3% dos entrevistados pertencentes ao sexo masculino e 43,8% pertencentes ao sexo feminino. A distribuição da idade dos respectivos entrevistados pode ser vista na Figura 2, sendo que a grande maioria tinha idade entre 20 e 30 anos (45%).

Figura 2 – Distribuição da idade dos entrevistados.



Fonte: Autoras.

Os entrevistados possuíam escolaridade diversa, sendo 83,3% alunos do ensino superior, (concluído ou não), 6,3% alunos do ensino médio (concluído ou não), 4,2% alunos de mestrado (concluído ou não), 3,1% alunos de doutorado

(concluído ou não), 2,1% alunos do ensino fundamental (concluído ou não) e 1% de pós-doutorandos (concluído ou não). Sendo assim, o público principal atingindo na primeira etapa deste trabalho foram jovens entre 20 e 30 anos que concluíram ou não o ensino superior. As respostas obtidas para perguntas referentes à radiação no dia a dia e suas aplicações podem ser vistas na Tabela 1.

Tabela 1 - Resposta sobre a radiação no dia a dia e suas aplicações.

Nº	PERGUNTAS	SIM (%)	NÃO (%)	NÃO SEI (%)
1	Respiramos algum gás radiativo no nosso dia a dia?	60,4	14,6	25
2	Quanto maior altitude, maior a exposição à radiação natural?	53,1	20,8	26
3	A radiação é utilizada para verificação de porte de substâncias ilícitas e porte de material não permitido em aeroportos?	82,3	4,2	13,5
4	A areia da praia emite radiação?	63,5	12,5	24
5	Você sabe o que é radioisótopo?	58,3	37,5	4,2
6	Conhece o radioisótopo radônio?	44,8	55,2	0
7	Sabia que o radônio é um gás radioativo e pode se acumular em ambientes fechados?	30,2	69,8	0
8	Tem receio de fazer algum exame que envolve radiação (raios X, tomografia) quando o médico solicita?	78,1	21,9	0
9	A radiação é utilizada no tratamento do câncer?	94,8	1	4,2
10	Sabe o que é um radiofármaco e quando ele é utilizado?	57,3	41,7	1
11	Grávidas podem ser expostas a radiação médica?	22,9	51	26
12	Você sabe para que serve o exame de densitometria óssea?	56,3	38,5	5,2
13	Você sabe o que é um traçador nuclear?	27,1	68,8	4,2
14	Alguns alimentos emitem radiação?	59,4	17,7	22,9
15	Comeria alimentos que foram irradiados?	55,2	16,7	28,1
16	Você sabe se algum alimento do seu dia a dia foi irradiado?	33,3	31,2	35,4
17	Os alimentos após serem irradiados ficam contaminados?	16,7	50	33,3
18	Você conhece a técnica chamada datação por carbono-14 e quando ela é utilizada?	78,1	21,9	0
19	Já ouviu falar de irradiação de gemas?	27,1	72,9	0
20	A radiação é utilizada na preservação e datação de obras de arte?	64,6	30,2	5,2

Fonte: Autoras.

De modo geral, os entrevistados demonstraram conhecimento sobre as aplicações da radiação apresentadas no questionário. Após análise dos resultados algumas observações foram feitas. O confronto dos resultados das perguntas número 1 e 6 mostra que o conhecimento existe, mas é superficial. A maioria dos entrevistados (60,4%) respondeu que tem consciência de que respiram um gás radioativo no dia a dia. No entanto, na pergunta 6, os mesmos foram questionados se conheciam o radioisótopo radônio, o qual é o gás radiativo que está presente diariamente no ambiente (UNSCEAR, 2006), e 55,2% dos entrevistados afirmaram que não conhecem esse gás. A pergunta número 7 “Sabia que o radônio é um gás radioativo e pode se acumular em ambientes fechados?” confirma este comportamento, pois 69,8% de entrevistados negaram este conhecimento.

Os entrevistados demonstraram conhecer benefícios da radiação na área da saúde, visto que responderam que não temem os exames diagnósticos que utilizam radiação (pergunta número 8), conhecem a utilização a radiação para tratar o câncer, a radioterapia (pergunta número 9) e o exame de densitometria óssea (pergunta número 12).

As respostas para a pergunta número 11 demonstraram que 26% dos entrevistados desconhecem a relação entre mulheres grávidas e a radiação, enquanto 22,9% afirmaram que estas mulheres podem ser expostas e 51% que não podem ser expostas à mesma. Existem diversas linhas de pensamento que podem ter levado os entrevistados a responderem sim ou não, mas chama-se a atenção para a porcentagem de pessoas que não souberam se posicionar a respeito. Recomenda-se que as mulheres com suspeita de gravidez avisem o médico antes de realizar o exame. A exposição de mulheres grávidas deve ser evitada e somente devem ser expostas se o médico julgar necessário, de forma que os benefícios da exposição superem os riscos, sendo este o primeiro princípio de radioproteção, a justificação (CNEN 3.01, 2014).

Ao traçar uma visão geral, as respostas corroboraram a superficialidade do conhecimento do uso das tecnologias nucleares, já que 68,8% das pessoas não sabem o que são traçadores nucleares (pergunta número 13) e 72,9% nunca ouviram falar de irradiação de gemas (minerais naturais como quartzo hialino que ao ser submetido a um feixe de irradiação gama receberá uma dose o que ocasionará a mudança de cor e valorização econômica da matéria prima que se torna um adorno valioso) (pergunta número 19).

Parece incoerente que 33,33% dos entrevistados conheçam algum alimento do seu dia a dia que tenha sido irradiado (pergunta número 16) e 50% tenham afirmado que o alimento fica contaminado após a irradiação (pergunta número 17).

O questionário contou com uma pergunta sobre filmes radiográficos, visto que a radiografia convencional é fundamental para diversos diagnósticos por imagem. As autoras do trabalho julgaram ser pertinente abordar o destino que os entrevistados dão para os filmes radiográficos, os quais são rejeitos que podem ser reutilizados se descartados corretamente. As respostas dos entrevistados podem ser vistas na Figura 3.

Figura 3 – Destino do filme (folha) de raios X após a utilização.



Fonte: Autoras.

A análise dos resultados sobre o descarte dos filmes radiográficos demonstra a valorização das pessoas com os mesmos, que são de suma importância para a realização de diagnósticos e exames futuros, por exemplo, para o acompanhamento de alguma patologia. A diferença entre o número de pessoas que descartam este material em local apropriado e em local não apropriado é baixa. A conclusão do questionário se deu com a abordagem da energia nuclear para a utilização da geração de energia. A Figura 4 apresenta a resposta dos entrevistados.

Figura 4 – Utilização de energia nuclear para geração de energia elétrica.



Fonte: Autoras.

Os entrevistados que optaram pela opção "depende", justificaram, em sua maioria, que depende se a utilização da energia nuclear for para fins pacíficos, devidamente dentro da legislação, realizado de forma segura e em caso de não haver outra alternativa. Uma pergunta dissertativa sobre energia nuclear também compôs o corpo do questionário. Algumas perspectivas dos entrevistados contra e a favor a energia nuclear encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1 – Respostas de alguns entrevistados contra e a favor da energia nuclear.

Contra	A favor
Alto custo	Grande benefício para a sociedade
Risco de acidente	Fonte energética do futuro
Necessidade de segurança	Fonte de energia segura
Rejeitos radioativos	Energia limpa

Fonte: Autoras.

De acordo com o Quadro 1, em ambos os casos, contra e a favor da energia nuclear, os entrevistados usaram justificativas gerais e usualmente utilizadas pelas pessoas. A segurança de uma usina nuclear é algo que preocupa grande parte das pessoas leigas, mas essa não deveria ser uma preocupação a ponto de ser um empecilho para as instalações nucleares, pois as usinas nucleares são pensadas e construídas para serem o mais seguras possível. O risco de acidentes, como em qualquer área, pode ocorrer. No caso da área nuclear, existem medidas pré-estabelecidas para serem tomadas em casos de acidentes, a fim de minimizar os danos. Além disso, treinamentos, controles e outras medidas são empregadas constantemente para evitar que os mesmos ocorram. O rejeito radioativo também é um ponto fortemente questionado, mas existem medidas seguras para o armazenamento deles e pesquisas que visam otimizá-los. Em relação às pessoas que são a favor, elas consideram que a energia nuclear apresenta um grande benefício para a sociedade atual e futura, além de ser considerada uma energia limpa e segura.

3.2 Perfil das redes sociais

O perfil do Nucleotiza criado e divulgado nas redes sociais teve um alcance nacional e mundial de pessoas de diversas faixas etárias e sociais. Atualmente o Nucleotiza possui mais de 2 mil seguidores no *Instagram* e mais de trezentos seguidores no *Facebook*, como consequência de compartilhamentos voluntário.

Durante a execução do trabalho o engajamento do público foi acompanhado pelas informações disponíveis no *Facebook*. O alcance máximo registrado foi de 960 pessoas. Essa rede social atingiu 24 países e 250 cidades, 24 estados brasileiros, aproximadamente 100 cidades do estado de Minas Gerais, 134 cidades na região sudeste e 183 cidades brasileiras. O *Facebook* registrou o alcance em 24 países, sendo que pelo menos um país está em um dos cinco continentes (América do Sul: Brasil, Bolívia, Colômbia, Peru, Chile e Argentina; América Central: Honduras e México e América do Norte: Canadá e Estados Unidos; África: Marrocos, Zâmbia, Moçambique, Costa do Marfim e Argélia; Europa: Bélgica, Portugal, Alemanha, Espanha, França, Itália e Reino Unido; Ásia: Japão; Oceania: Austrália). Todos os países tiveram mais de uma cidade de alcance, a Itália, Estados Unidos e Japão tiveram doze cidades de alcance distribuídas pelo território de cada país.

O *Instagram* e a divulgação pelo *Whatsapp* não possuem dados de quantitativos de alcance. O Nucleotiza não utilizou a ferramenta paga do Facebook de impulsionamento de publicação. O *Instagram* atualmente possui 2100 seguidores e está em constante expansão. O *Facebook* e o *Instagram* possuem mais de 200 postagens, todas criadas e elaboradas pelo Nucleotiza. A divulgação presencial do projeto também não pode ser computada, porém nas redes sociais estão registrados todos os eventos onde o Nucleotiza compareceu e fez a divulgação e execução do projeto.

2.1. Metodologia utilizada para a construção do conhecimento gradual

A fim de proporcionar familiaridade com a radiação e posteriormente aceitação da mesma, o conteúdo abordado pelo Nucleotiza iniciou-se com explicação sobre a radioatividade natural, seguido de aplicações na irradiação de alimentos, em exames de diagnóstico por imagem, aplicações na indústria, em museus, aeroportos, geração de energia elétrica entre outros.

A etapa de apresentação da interface da área nuclear com diversas profissões destinou-se a um público específico, estudantes universitários e de ensino médio. Abordou-se também a importância da interdisciplinaridade entre as diversas áreas da ciência, principalmente para a pesquisa. A correlação da ciência das radiações com os cursos de graduação podem ser vistas no Quadro 2.

Quadro 2 - Aplicações da área nuclear nos cursos de graduação.

CURSO DE GRADUAÇÃO	APLICAÇÃO DA PROFISSÃO NA ÁREA NUCLEAR
Arquitetura	<ul style="list-style-type: none">• Planejamento seguro e eficiente de instalações nucleares e salas de exames.
Tecnologia em radiologia	<ul style="list-style-type: none">• Exames de diagnóstico por imagem.• Radiologia industrial.
Direito	<ul style="list-style-type: none">• Legislação de instalações nucleares e aplicações da tecnologia nuclear.• Direitos específicos dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE).
Enfermagem	<ul style="list-style-type: none">• Auxílio durante exames de radiografia no leito.• Injeção de contraste radioativo nos pacientes.
Engenharias	<ul style="list-style-type: none">• Operação de usinas, reatores e irradiadores nucleares.• Construção de detectores nucleares e equipamentos de exame.
Farmácia	<ul style="list-style-type: none">• Pesquisa e aplicação de radiofármacos.
Geografia	<ul style="list-style-type: none">• Mapeamento geográfico com relação ao nível de radiação.• Estudo da hidrologia com traçadores radioativos.
Geologia	<ul style="list-style-type: none">• Medidas de radiação em solos e rochas.• Estudo da formação da terra e dos minerais.
História	<ul style="list-style-type: none">• Estudo da história da ciência nuclear e sua importância para a área nuclear.
Medicina	<ul style="list-style-type: none">• Exames de diagnóstico por imagem, como raios x, tomografia computadorizada e cintilografias.
Medicina veterinária	<ul style="list-style-type: none">• Exames de diagnóstico por imagem em animais.
Museologia	<ul style="list-style-type: none">• Utilização de irradiadores nucleares para preservação de patrimônio histórico como livros, esculturas e pinturas.

Fonte: Autoras.

A área nuclear, por ser multidisciplinar, permite a interação e colaboração de várias áreas do conhecimento, como mostrado no Quadro 2. Sendo assim, é importante que os alunos e professores dos diversos cursos de graduação tenham consciência da aplicação das áreas nucleares nos respectivos cursos, a fim de criar novos caminhos de estudo e pesquisa.

A terceira etapa foi fundamental para se atingir o objetivo final do trabalho. Estabelecido que o público já estivesse ciente que a radiação está presente no dia a dia e pode ser aplicada em diversas profissões, concluiu que o público estava apto para iniciar o entendimento das tecnologias nucleares que auxiliam nos ODS da ONU. Com isso, pesquisas e ações que contribuíram para o desenvolvimento dos objetivos do milênio retiradas do *site* da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) foram cuidadosamente traduzidas para a língua portuguesa e adaptadas para uma linguagem simples e dinâmica. Por exemplo, a pesquisa de Gaspar (2018) sobre a verificação da segurança da água para consumo na cidade da Filipinas utilizando técnicas isotópica e a pesquisa de Viegas e Gil (2018) que utilizaram a tecnologia nuclear para ajudar a República Dominicana a erradicar pragas de insetos e retomar exportações de frutas e vegetais. Um panorama de como as tecnologias nucleares contribuem para a execução dos ODS pode ser visto no Quadro 3.

Quadro 3- Tecnologias nucleares para o desenvolvimento dos ODS.

 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)	PARTICIPAÇÃO DAS TECNOLOGIAS NUCLEARES
 1 ERADICAÇÃO DA POBREZA	Irradiação de alimentos, de materiais hospitalares e de higiene pessoal etc.
 2 FOME ZERO	Aumento do desempenho da colheita.
 3 SAÚDE E BEM-ESTAR	Exames de diagnóstico por imagem e tratamento de tumores.
 4 EDUCAÇÃO DE QUALIDADE	Os centros de pesquisas da área nuclear proporcionam formação complementar como estágios de pesquisa para os alunos, além de abrirem os centros tecnológicos para a visitação de alunos.
 5 IGUALDADE DE G�NERO	Empoderamento, inclusão e incentivo às mulheres na área da ciência e principalmente na área nuclear.
 6 ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO	Isótopos nucleares podem ser utilizados para solucionar problemas hidrológicos, como encontrar a origem e características de águas subterrâneas e superficiais.
 7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL	Usinas nucleares de gera�o de energia elétrica.
 8 TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECON�MICO	Os projetos nucleares como reatores, usinas, submarinos, aceleradores proporcionam emprego para a comunidade e crescimento local.

	Indústria, inovação e infraestrutura	Desenvolvimento de tecnologias inovadoras nos centros tecnológicos nucleares para uso industrial.
	Redução das desigualdades	Inclusão de profissionais de diversas idades, condições físicas, etnias, religiões etc, mundialmente em vários ramos da área nuclear.
	Cidades e comunidades sustentáveis	Irradiação de obras de artes que permitem a preservação do patrimônio histórico das cidades.
	Consumo e produção responsáveis	Redução do desperdício de alimentos através da irradiação dos mesmos; Uso eficiente dos recursos naturais ao produzir energia elétrica.
	Ação contra a mudança global do clima	Geração de energia a partir do combustível nuclear minimizam danos ambientais.
	Vida na água	Traçadores nucleares têm sido utilizados para estudo da vida marinha.
	Vida terrestre	Traçadores nucleares têm sido utilizados para estudo da vida terrestre.
	Paz, Justiça e Instituições eficazes	Tratado de não-proliferação de armas nucleares e promoção do uso pacífico das tecnologias nucleares.
	Parcerias e meios de implementação	O setor nuclear realiza o incentivo e a promoção de parcerias públicas, privadas e civis.

Fonte: Autoras.

As contribuições das tecnologias nucleares para os ODS apresentadas no Quadro 3, entre outras, confirmam a importância da área nuclear para a construção de um futuro próspero e igualitário, seja através da contribuição na saúde da humanidade, seja por incentivo da inserção de mulheres na ciência.

A proposta de realizar a divulgação e conscientização de forma gradual foi um ponto fundamental para o resultado positivo obtido. Pois a aceitação pública de temas como a radiação deve ser construída aos poucos e partindo de exemplos simples e visíveis para as pessoas.

2.2. Palestras ministradas

A divulgação das atividades do Nucleotiza e a disponibilização da equipe para palestras interativas gerou convite para visitas a instituições de ensino. Foi realizada uma palestra em uma escola particular de ensino fundamental, a convite da professora, para crianças de 9 a 11 anos (Figura 5). Essa palestra contou com uma abordagem simples da tecnologia nuclear com jogos, dinâmicas e materiais visuais auxiliares para otimizar a compreensão do público. A palestra para alunos do ensino médio foi ministrada para alunos do terceiro ano (Figura 6) e utilizou materiais visuais auxiliares, demonstração do funcionamento de um detector de radiação e dicas para o vestibular. A estratégia utilizada para comunicar com esse público

usufruiu de referências de filmes, séries e conteúdo virtual, de forma que os mesmos se sentissem confortáveis com o tema e visualizassem as informações que estavam sendo apresentadas, a qual eles têm contato diariamente.

Figura 5 – Palestra para os alunos do ensino fundamental de uma escola particular localizada na cidade de Belo Horizonte/MG.



Fonte: Autoras.

Figura 6 – Palestra para os alunos do ensino médio de uma escola particular localizada na Cidade de Lagoa Santa/MG.



Fonte: Autoras.

A palestra para alunos de faculdade foi realizada na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (Figura 7). O público predominante foram alunos do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia. Visto o maior entendimento desse público sobre as radiações o tema escolhido para a palestra foi “Matéria prima nuclear para geração de energia – Uma visão Sustentável”. A elaboração da palestra contou com a inserção das respostas dissertativas sobre Energia Nuclear respondidas nos questionários, a fim de discutir alguns pontos importantes que foi observado nas respostas. A mesma foi ministrada pelo Dr. Fabiano Cardoso, doutor e pós-doutor em Ciências e Técnicas Nucleares pela UFMG com amplo conhecimento em reatores nucleares.

Figura 7 – Palestra “Matéria prima nuclear para geração de energia – Uma visão Sustentável” ministrada pelo Dr. Fabiano Cardoso para os alunos da UFMG.



Fonte: Autoras.

A metodologia e as estratégias adotadas para a confecção e execução as palestras mostrou-se eficiente de forma que permitiu estabelecer uma boa comunicação com os diversos públicos. Ressalta-se também a importância do contato presencial com o público para o estabelecimento de diálogo entre os idealizadores do presente trabalho e a sociedade. Esse diálogo foi crucial para o resultado final do trabalho desenvolvido e a elaboração de projetos futuros.

O projeto desenvolvido pelo Nucleotiza e relatado neste trabalho encerrou-se no final de 2019 durante a *International Nuclear Atlantic Conference – INAC 2019*, ocasião em que o Nucleotiza foi apresentado como a equipe vencedora do projeto Embaixadores Nucleares da ABEN, recebendo o título de Embaixadores Nucleares da ABEN. Atualmente, o Nucleotiza continua com a execução da divulgação científica e conscientização da área nuclear, estando presente em mais de vinte e cinco eventos e palestras até o momento. As autoras deste trabalho e desenvolvedoras da equipe Nucleotiza referente ao projeto Embaixadores Nucleares da ABEN podem ser vistas na Figura 8.

Figura 8 – Embaixadoras Nucleares da Associação Brasileira de Energia Nuclear e desenvolvedoras do Nucleotiza – Nuclear Conscientiza.



Legenda: Da esquerda para direita: Natália Taveira, atualmente aluna de doutorado do Departamento de Engenharia Nuclear (DEN/UFMG), Laura Takahashi, atualmente aluna de mestrado do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN) e Bárbara Correa, atualmente Tecnóloga em Radiologia pela UFMG. No período do desenvolvimento deste projeto, as autoras eram alunas do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia da Faculdade de Medicina da UFMG e alunas de iniciação científica do CDTN (local da foto acima).
Fonte: Autoras.

O diálogo com a sociedade a respeito da área nuclear é um assunto que está em constante ascensão. Durante os últimos anos, o interesse em apresentar a física nuclear para os alunos do ensino médio tem despertado interesse dos professores. A aplicação da radiação ionizante em diversas práticas médicas e industriais cresceu nos últimos anos, mas ainda são necessárias formas claras de comunicar benefícios e riscos desta tecnologia para a sociedade (Qiu et al., 2020). Desta forma, é necessário trabalhar para reverter este cenário e uma das estratégias que pode ser usada é a educação dos alunos sobre esse tema (Nakibogle e Olmez, 2021), por exemplo, enfatizando conceitos que ajudem a entender a interação da radiação com a matéria.

Darroz et al (2017) relataram um estudo para identificar como a física nuclear era abordada nos materiais de aula/livros didáticos dos alunos. Dentre as diversas observações feitas, os autores verificaram que o conteúdo dos materiais é claro e coeso, porém nem sempre contextualizam os conteúdos. Além disso, os conteúdos também nem sempre abordam a interdisciplinaridade, deixando de fazer ligações com as diversas áreas do conhecimento. Dados como estes devem ser levados em consideração em programas destinados à divulgação de aplicações da área nuclear no dia a dia desses alunos (Darroz et al, 2017).

Em relação à didática de aborda a física nuclear no ensino médio, o trabalho de Souza (2018), desenvolveu uma metodologia que foi aplica em sala de aula. Dentre suas observações, o autor reportou o grande interesse e curiosidade dos alunos pelo tema. Além disso, o mesmo enfatiza a introdução da física moderna no ensino médio a fim de ajudar os estudantes a entenderem o mundo atual, de forma a colaborar com a formação deles como cidadãos (Souza, 2018).

Pereira (2019) relata que o ensino da física nuclear no ensino médio ainda não é realidade em todas as escolas abordadas em seu estudo no Rio de Janeiro, em parte devido à falta de formação profissional sobre pesquisas que estão sendo realizadas atualmente. Ensinar a física nuclear para os alunos do ensino médio induz cidadãos mais conscientes capazes de identificar a ciência e ter uma visão crítica sobre os estereótipos sociais (Pereira, 2019). Souza e Cunha (2016) complementam que ensinar a física nuclear é uma forma de inserir a física moderna para os alunos. Além disso, os autores enfatizam que os alunos desenvolvem um ponto de vista político social e econômico, isso devido a física nuclear poder ser contextualizada e

controversa em determinados aspectos (Souza e Cunha, 2016). A contextualização do ensino da física também é abordada por Cunha (2020), de acordo com a autora isso auxilia a compreensão do tema pelos alunos e a visualização dos temas no cotidiano. Isso pode ser feito e diversos estudos apontam pontos importantes a serem considerados neste tipo de ensino (Chang et al., 2020).

Além disso, a situação de isolamento social ocasionada pela pandemia do Coronavírus tem contribuído positivamente para o crescimento de iniciativas visando divulgação científica por universidades, instituições e mesmo por estudantes. A divulgação e a conscientização da ciência estão sendo muito almejadas por diversas áreas com o propósito de unir a pesquisa à sociedade e de evitar a propagação de *fakenews*.

3. Conclusão

A divulgação das tecnologias nucleares para o público leigo é fundamental para melhorar a relação da sociedade com as aplicações da radiação, contribui para a diminuição do pânico e aumenta a compreensão de riscos e benefícios e aumenta o apoio a pesquisas na área nuclear.

O público alcançado no presente estudo teve predominância de alunos e profissionais da área das radiações, mostrando a dificuldade do público geral para lidar com informações nesta área. Ainda assim, este estudo mostrou que mesmo os profissionais da área não possuem conhecimento amplo de todas as aplicações das radiações. Questionários mais específicos, com maior número de perguntas dissertativas, poderiam evitar respostas aleatórias, porém, diminuiria também a adesão voluntária dos respondentes, já que tomaria mais tempo. Apesar disso, a ampla abrangência do questionário aplicado neste trabalho permitiu traçar um perfil do público. O contato direto com as pessoas, como foi realizado nas palestras, também colaborou para conhecer o panorama das pessoas e assim determinar as formas de comunicação mais efetivas em trabalhos futuros.

O estudo exploratório da divulgação científica da área nuclear trouxe diversas informações que poderão ser úteis para subsidiar trabalhos futuros. Neste quesito, sugere-se que outros trabalhos de divulgação científica sejam criados e executados não somente por indivíduos, mas também por instituições públicas e privadas. Além disso, a aplicação de novos questionários para um público fora da região Sudeste do Brasil possibilitaria maior conhecimento sobre a opinião pública da área nuclear.

As estratégias de comunicação desenvolvidas durante o trabalho mostraram-se eficientes e reprodutíveis para aplicação em outras áreas científicas. O objetivo de aumentar o conhecimento das pessoas sobre a energia nuclear e sua importância para o cumprimento dos objetivos do milênio continua por meio do Nucleotiza, em seus perfis nas redes sociais.

Agradecimentos

À ABEN (Projeto Embaixadores Nucleares); ao Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN), às escolas visitadas, ao Curso Superior de Tecnologia em Radiologia da UFMG e a todos que colaboraram com a divulgação do projeto.

Referências

ABEN – Associação Brasileira de Energia Nuclear. Embaixadores Nucleares. <http://www.aben.com.br/Arquivos/555/555.pdf>.

Araújo, D.L., et al. (2020). Aspectos físicos-químicos e aplicações dos radiofármacos na medicina nuclear. *Research, Society and Development*, 9 (7), doi: 10.33448/rsd-v9i7.4671

Cardoso, E. M., et al. (2004). Aplicações da Energia Nuclear. *Comissão Nacional de Energia Nuclear*.

- CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear. (2020). *CDTN esteriliza kits de teste do coronavírus com tecnologia nuclear*. <https://www.cdtm.br/ultimas-noticias/422-cdtm-esteriliza-kits-de-teste-do-coronavirus-com-tecnologia-nuclear>.
- CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear. (2020). *CDTN utiliza monitoramento de aerossóis atmosféricos para traçar a rota e combater o coronavírus no ar*. <https://www.cdtm.br/ultimas-noticias/435-cdtm-utiliza-monitoramento-aerossóis-atmosféricos-para-tracar-rota-coronavirus-no-ar>.
- Chang, H., Liang, J. & Tsai, C. (2020). Justifications, Prior Knowledge, Engagement, and Socioscientific Reasoning in Mobile Augmented Reality Learning Environment. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 399-408, doi:10.1007/s10956-020-09825-9
- CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear. (2014). Diretrizes básicas de proteção radiológica. *Norma CNEN-NN-3.01*.
- Cunha, K.M. (2020). O ensino da física nuclear no ensino médio: uma proposta de sequencia didática. *Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)*. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Escola de Ciências Exatas e da Comunicação.
- Darroz, L.M., Rosa, C.T.W. & Silva, J.C. (2017). Análise da abordagem de física nuclear nos livros didáticos de física. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, 7 (3), 56-72,
- Datta, N. R., Rogers, S., & Bodis, S. (2019). Challenges and opportunities to realize The 2030 Agenda for Sustainable Development. *United Nations: implications for radiation therapy infrastructure in low-and middle-income Countries*, doi:10.1016/j.ijrobp.2019.04.033
- Dias, C.C., Dias, R.G. & Anna, J.S. (2020). Potencialidade das redes sociais e dos recursos imagéticos para a divulgação científica em períodos da área de ciência da informação. *Biblos: Revista do Instituto de Ciências Humanas e da Informação*, 34 (1), 109-126, doi:10.14295/biblos.v34i1.11241
- Ederli, R.B., et al. (2020). Abordagem dos principais achados de imagem decorrentes da Síndrome Respiratória causada pelo COVID-19. *Research, Society and Development*, 9 (8), doi:10.33448/rsd-v9i8.6831
- Galati, A., Moavero, P. & Crescimanno, M. (2019). Consumer awareness and acceptance of irradiated foods: the case of Italian consumers, *British Food Journal*, 121 (6), 1398-1412. doi:10.1108/BJFJ-05-2018-0336.
- Gonçalves, O. D. & Almeida, I. P. S. (2005). A energia nuclear e seus usos na sociedade. *Ciência Hoje*, 37, (220), 36-44
- Lima, F.L.O., et al. (2021). Importância da radiação gama utilizando o pertecnetato de sódio (Tc 99m) e o iodo 131 como sugestão no tratamento da COVID-19. *Research, Society and Development*, 10 (1), doi:10.33448/rsd-v10i1.11343
- Lüdke, M & André M.E.D.A. (2013). *Pesquisa em educação: Abordagens Qualitativas*. São Paulo, São Paulo: EPU.
- Martelli, A. (2020). Análise de metodologias para execução de pesquisas tecnológicas. *Brazil Applied Science Review*, 4 (2), 468-477. doi:10.34115/basrv4n2-006
- Miklos, G. (2018). *Water in Philippine City Safe to Drink, Study Using Isotopic Techniques Finds*. <https://www.iaea.org/newscenter/news/water-in-philippine-city-safe-to-drink-study-using-isotopic-techniques-finds?fbclid=IwAR21zrLrualcWiXpaiULSdVRR4Doit3qoKdYi7hnX-h4SN-tCaRObtMhU>.
- Mendes, M.M. & Maricato, J.M. (2020). Das apresentações públicas às redes sociais: apontamentos sobre divulgação científica na mídia brasileira. *Comunicação & Informação: Revista do Programa de Pós-Graduação em Comunicação*, 23, 1-16.
- Milanez, J. V., Almeida, R. D. & Carmo, F. S. (2006). Energia Nuclear Socialmente Aceitável Como Solução Possível para a Demanda Energética Brasileira. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, 2 (1).
- Nakiboğlu, C. & Ömez, U. (2021). Exploring 12th-grade students' perceptions of radioactivity and radiation, and the relationship with their creative comparisons. *AIP Conference Proceedings* 2330, doi:10.1063/5.0043292
- Organização Pan-Americana da Saúde da Organização Mundial da Saúde (OPAS/OMS). (2020). *Folha informativa COVID-19 – Escritório da OPAS e da OMS no Brasil*. <https://www.paho.org/pt/covid19#:~:text=Foram%20confirmados%20no%20mundo%20107.423,12%20de%20fevereiro%20de%202021>.
- Pereira, I. U. C. (2019). Propostas para o Ensino de Física Nuclear no Nível Médio. *Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)*. Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, UFF.
- Qiu, H., Weng, S. & Wu, M.S. (2020). The mediation of news framing between public trust and nuclear risk reactions in post-Fukushima China: A case study. *Journal of Risk Research*, 24, 167-182, doi:10.1080/13669877.2020.1749116
- Rodrigues, I. et al. (2021). Gamma ray irradiation: A new strategy to increase the shelf life of salt-reduced hot dog wieners. *LWT – Food Science and Technology*. 135, doi:10.1016/j.lwt.2020.110265
- Souza, D. A. & Cunha, C.V.A. (2016). Física Nuclear no Ensino Médio: Uma Sequência Didática com Enfoque CTS. Ensino Básico, Técnico e Tecnológico (EBTT), Instituto de Física da Bahia (IFBA).
- Souza, R.S. (2018). Uma sequencia didática para o ensino de física nuclear no ensino médio. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de Juiz de Fora. Instituto de Ciências Exatas.
- Tomaz, L. 2014. CONTER – Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia. *Irradiação aumenta a vida útil dos alimentos e pode ajudar a diminuir o desperdício de comida no Brasil*. <http://conter.gov.br/>.
- UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2006). *Report to the General Assembly*. Vol. II, Scientific Annexes C, D and E.

Viegas, L & Gil, L. (2018). *Nuclear technique helps Dominican Republic eradicate insect pest and resume fruit and vegetable exports*, *Atoms for peace and development*, <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull59-1/5910607.pdf?fbclid=IwAR0mdqQCWOw11ZDpd3O7huvygle0LXO0YUOETS2B7RUkk6ake9ugDIPeUh4>.

Xia, D., et al. (2019). Exploring the role of cultural individualism and collectivism on public acceptance of nuclear energy. *Energy Policy*, 132, 208-215, doi:10.1016/j.enpol.2019.05.014

Wang, S., Wang, J., Lin, S., & Li, J. (2019). Public perceptions and acceptance of nuclear energy in China: The role of public knowledge, perceived benefit, perceived risk and public engagement. *Energy Policy*, 126, 352-360. doi:10.1016/j.enpol.2018.11.0400.