

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA**  
**Faculdade de Tecnologia de Jundiaí – “Deputado Ary Fossen”**  
**Curso Superior de Tecnologia em Logística**

Diego de Almeida Silva  
Jonatã Rodrigues de Godoi  
Zenia da Silva Santos

**TRANSPORTE DE MINERAIS RADIOATIVOS E NUCLEARES**

**Jundiaí**  
**2021**

Diego de Almeida Silva  
Jonatã Rodrigues de Godoi  
Zenia da Silva Santos

## **TRANSPORTE DE MINERAIS RADIOATIVOS E NUCLEARES**

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de Jundiaí - “Deputado Ary Fossen” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Logística; sob a orientação do Prof MSc Eng João Carlos dos Santos.

**Jundiaí  
2021**

Dedico este trabalho  
aos docentes e alunos  
da Fatec – Jundiaí.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos sustentar e dar-nos forças para permanecer no curso e a nossa família, por nos apoiarem e estarem presentes em todos os momentos de nossas vidas.

Ao professor João Carlos dos Santos por todo apoio e orientações durante o ano letivo.

A todos os docentes, ao corpo administrativo, e a todos do serviço geral que se dedicaram à gestão eficiente da instituição, que direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração desse instrumento.

Obrigado!

O momento que vivemos é um momento pleno de desafios  
Mais do que nunca é preciso ter coragem, é preciso ter esperanças para  
enfrentar o presente.  
É preciso resistir e sonhar  
É necessário alimentar sonhos e concretiza- lós dia a dia no horizonte de  
novos tempos, mais humanos, mais justos, mais solidários.

Marilda lamamoto

SILVA, Diego de Almeida; GODOI, Jonatã Rodrigues; SANTOS, Zenia da Silva. **Transporte de materiais radioativos e nucleares**. 2021, 31f. Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnólogo em Logística. Faculdade de Tecnologia de Jundiaí - “Deputado Ary Fossen”. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. Jundiaí. 2021

## RESUMO

O Brasil possui uma ampla diversidade geológica, de interesse científico e econômico, todavia os minerais radiativos utilizados na agricultura, indústria, medicina, meio ambiente, produção de aramas e geração de energia nuclear. Assim , o presente estudo tem como objetivo geral ressaltar a logística do transporte de materiais radioativos no Brasil, e ainda delinear os cuidados pertinentes a manutenção de um sistema de transporte confiável, seguro e essencial. Por meio de pesquisa bibliográfica e descritiva, verifica-se que a existência de diferentes minerais radioativos, que são utilizados no campo da saúde e do meio ambiente devendo serem transportados conforme orientação da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Os resultados evidenciam que os materiais radioativos e nucleares devem obter um sistema de embalo rígido para garantir manuseio durante o transbordo, e que os profissionais de transporte devem utilizar equipamento de proteção individual. Conclui-se que a efetividade do transporte exige documentação, embalo e veículo adequado e profissionais treinados.

**Palavras-chave:** Energia nuclear. Transporte. Radioatividade.

SILVA, Diego de Almeida; GODOI, Jonatã Rodrigues; SANTOS, Zenia da Silva. **Transport of radioactive and nuclear materials**. 2021, 31f. End-of-course paper in Technologist Degree in Logistics. Faculdade de Tecnologia de Jundiaí - “Deputado Ary Fossen”. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. Jundiaí. 2021.

### **ABSTRACT**

Brazil has a wide geological diversity of scientific and economic interest, however the radioactive minerals used in agriculture, industry, medicine, environment, aramas production and nuclear power generation. Thus, the present study has as general objective to highlight the logistics of the transport of radioactive materials in Brazil, and also to outline the relevant care for the maintenance of a reliable, safe and essential transportation system. Through bibliographic and descriptive research, it is verified that the existence of different radioactive minerals, which are used in the field of health and the environment, must be transported according to the guidance of the National Commission of Nuclear Energy - CNEN. The results show that radioactive and nuclear materials must obtain a rigid packaging system to ensure handling during transshipment, and that transport professionals should use personal protective equipment. It is concluded that the effectiveness of transportation requires documentation, packaging and appropriate vehicle and trained professionals.

**Key-words:** Nuclear power. Transport. Radioactivity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Uraninita .....	16
FIGURA 2: Torianita .....	16
FIGURA 3: Torita.....	17
FIGURA 4: Elementos conceituais da logística .....	20
FIGURA 5: Estrutura logística convencional e logística reversa .....	21



# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>RECURSOS MINERAIS .....</b>	<b>11</b>
2.1.1	MINERAIS RADIOATIVOS.....	12
<b>2.2</b>	<b>EXTRAÇÃO DE MINÉRIOS .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>GERENCIAMENTO LOGÍSTICO.....</b>	<b>18</b>
2.3.1	HISTÓRICO.....	18
2.3.2	CONVENCIONAL E REVERSA .....	20
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>MATERIAIS.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>27</b>
	<b>APENDICE A – RELATÓRIO COPYSPIDER.....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos têm se verificado que o Brasil é um país de elevada diversidade geológica, por possuir jazidas de diferentes recursos minerais. Entre eles, aqueles que possuem elementos radioativos em sua composição química, gerando elevado interesse científico e econômico (CUNHA et al, 2019).

Os minerais radioativos são aqueles cujo átomo, possuem a capacidade de eliminar radiação (energia) alfa, beta ou gama, espontaneamente, a partir de seu núcleo (prótons e nêutrons), com o propósito de se tornarem estáveis. Isso significa que todos os átomos de um elemento químico que apresentarem número atômico maior ou igual a 84 são radioativos, independente deste ser encontrado na natureza (natural) ou produzido no laboratório (artificial) (KUCHENBECKER, 2018).

O mineral radioativo pode ser utilizado na agricultura, indústria, medicina, meio ambiente, produção de armamento (bomba atômica), e especialmente, na geração de energia nuclear. Os resíduos gerados pela produção dessa energia podem resultar acidentes nucleares e contaminação do meio ambiente e danos irreversíveis à saúde humana (leucemia, câncer, desordens genéticas) (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2019).

A energia elétrica é considerada constituinte principal da sociedade moderna, indiferente da forma como se apresenta (mecânica, cinética, térmica, química, nuclear). O consumo elevado resulta em crescimento tecnológico, melhora da qualidade de vida e sobrevivência humana (SILVA, MIOTTO, CLEMENTE, 2018; CUNHA et al, 2019).

No cenário atual, o desenvolvimento sustentável é um dos principais desafios. Assim, o presente estudo é justificado pela necessidade de evidenciar e ampliar conhecimentos sobre a especificidade do transporte de materiais radioativos e nucleares, uma vez que esses conferem inúmeros benefícios à população.

O estudo foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica e descritiva, com objetivo geral ressaltar a logística do transporte de materiais radioativos no Brasil. E ainda delinear os cuidados pertinentes a manutenção de um sistema de transporte confiável, seguro e essencial.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 RECURSOS MINERAIS

Os recursos minerais são denominados substâncias naturais inorgânicas, descobertas quando os colonizadores encontraram ouro em Minas Gerais (século XVII). Na atualidade, confere ao setor “mineração” destaque na economia nacional e importante participação na composição do Produto Interno Bruto (PIB), devido a geração de emprego, exportações e comercialização de *commodities* (CUNHA et al, 2019).

Os recursos minerais, após serem extraídos da natureza, são transformados para serem usados em diferentes atividades da vida moderna. A mineração resulta em impactos ao meio ambiente, todavia com efetivas precauções, esses podem ser minimizados, de forma a promover melhor bem-estar e qualidade de vida (MILANEZ, 2017).

Os minerais possuem diferentes composições químicas e físicas, sendo classificados por Cunha et al. (2019) em:

- a. minerais metálicos que possuem em sua composição elementos físicos e químicos de metal, sendo promotores de condução de calor e eletricidade. Entre os principais estão o ferro (elemento indispensável a produção do aço), o alumínio (possui condução de calor, usado na fabricação de automóveis) e o cobre (usado na fabricação de cabos elétricos);
- b. minerais não metálicos que não possuem propriedades do metal em sua composição física e química. Entre os principais estão o diamante (fabricação de joias e brocas para perfuração de poços artesianos), o calcário (fabricação de giz e cimento) e a areia (fabricação de concreto e vidro);
- c. minerais energéticos fósseis que apresentam em sua composição elementos de origem orgânica (gás natural, carvão, petróleo). Nesse contexto estão o petróleo (fabricação de plástico, gasolina e querosene), o gás natural (combustível em residências e indústrias) e carvão mineral (fonte energética e uso na indústria química).

Os recursos minerais energéticos, são divididos em combustíveis fósseis e minerais radiativos. O primeiro é queimado para a obtenção de energia, enquanto que o segundo pertencem a um grupo de minerais, que possuem em sua composição elementos naturalmente radioativos (KUCHENBECKER, 2018).

### 2.1.1 MINERAIS RADIOATIVOS

A radioatividade foi descoberta em meados do século XIX, tornando um elemento fundamental para a disseminação dos conhecimentos referente a elementos radioativos, assim como da estrutura atômica dos átomos, constituídos por prótons, nêutrons e elétrons (KUCHENBECKER, 2018).

Os elementos naturalmente radioativos são o Urânio (U), Tório (Th), Rádio (Ra), Césio (Cs) e Polônio (Po), todavia os principais minerais radioativos, ricos em urânio são a Uraninita- ou Picheblenda, Torianita e Torita (KUCHENBECKER, 2018).

#### 2.1.1.1 Urânio

O urânio, abundante na Terra, apresenta-se em mínimas concentrações em diversos moldes de rocha, todavia em maiores concentrações em minerais como a  $UO_2$ . São instáveis e liberam energia em forma de radiação, por meio de partículas alfa, beta ou gama, resultando elementos radio gênicos, promotores de prejuízos à saúde humana e ambiental, decorrente do lançamento de  $CO_2$  na atmosfera e o efeito estufa (BRITO, 2019).

O Brasil ocupa posição de destaque no *ranking* mundial de reserva de urânio, representando a quinta maior reserva geológica do mundo, com aproximadamente 300 mil toneladas. Entre as reservas estão as jazidas de Itataia no Ceará, Lagoa Relva na Bahia, Gandarela em Minas Gerais, Rio Cristalino no Pará e Figueira no Paraná (SILVA; MIOTTO; CLEMENTE, 2018).

De acordo com Souza (2017), Lima, Barbosa e Filgueiras (2020), em sua forma natural, o urânio não possui índice expressivo de radiação, ao contrário de seus isótopos. Trata-se de um elemento químico da Tabela Periódica é representado pelo símbolo U, sob o número atômico 92 e massa atômica de 238,07u.

Outras importantes características do Urânio são descritas por Santos (2016), Lima, Barbosa e Filgueiras (2020) como: elemento metálico e radiativo radioativo, denso, dúctil e maleável, bastante duro, de coloração metal branco níquel elevada

concentração em estado sólido e átomo instável, podendo seus 92 prótons do núcleo serem desintegrados para promover a formação de outros elementos químicos. Seus principais compostos incluem os óxidos, carbonetos, fluoretos, nitratos, cloretos, acetatos, e outros

Existem diferentes tipos de urânio, que se diferenciam pelo número de nêutrons presentes em seu núcleo, embora os três isótopos ( $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  e  $^{238}\text{U}$ ) possuam radioatividade. Na natureza o mais comumente encontrado é o urânio 238 (estável), cujo processo de enriquecimento requer a adição do urânio 235 (fissionável), e imprescindível na produção energia nuclear (OLIVEIRA et al, 2016; (KUCHENBECKER, 2018).

O urânio, apresenta vantagem econômica se comparada a outros combustíveis. Para produção de energia elétrica, 1K de urânio equivalente a 10 toneladas de petróleo e 20 toneladas de carvão, pode gerar muita energia elétrica (1kg – 60 Wh de energia) (CARLOS SAMPAIO, 2017; SALIBA DE PAULA, 2020).

O urânio é o combustível que alimenta as usinas nucleares em Angra dos Reis, para produção de energia elétrica, e conseqüente iluminação de casas e indústrias brasileiras. Os cuidados destinados a extração e transporte, seguem as normas de segurança determinadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e pelo Instituto de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (Ibama) (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2019).

#### 2.1.1.2 Tório

O Tório é encontrado em rochas e solo em mínima quantidade. De acordo com Queiroz et al (2017) seu uso tornou-se disseminado para a formação de manta de lâmpões a gás, revestimento de fios de equipamentos eletrônicos e laboratoriais, e como catalisador, na conversão de amônia em ácido nítrico e produção de ácido sulfúrico e outros.

Como fator negativo, Queiros et al (2017) chamam atenção para o fato de que a exposição ao Tório presente no ar, pode elevar o risco de desenvolvimento do câncer de pulmão, pâncreas e sague.

Segundo Lima, Barbosa e Filgueiras (2020) as principais características do Tório são: metal natural pouco radioativo, que quando puro apresenta coloração branco prateado de brilho duradouro, todavia na presença do ar, escurece tornando-

se acinzentado ou preto. Na Tabela Periódica é representado pelo símbolo Th, sob o número atômico 90 e massa atômica de 232,038u.

#### 2.1.1.3 Rádio

O Rádio apresenta-se um elemento químico, dois milhões de vezes mais radioativo que o urânio, que na temperatura ambiente encontra-se em estado sólido (BRITO, 2019).

Carlos Sampaio (2017) conclui que o Rádio é o mais pesado dos metais alcalino-terrosos, altamente radioativo, assemelhando-se quimicamente ao Bário. Sua principal fonte é um minério denominado *pechblenda*, utilizado frequentemente em industriais como esterilizador de alimentos.

Inicialmente, o Bário foi utilizado na fabricação de tintas luminosas e de cosméticos. No primeiro caso observou-se prejuízos a saúde dos consumidores e manipuladores dessas tintas e das minas de urânio, e no segundo, o desenvolvimento de irritações, queimaduras e cegueiras (CARLOS SAMPAIO, 2017).

Na atualidade, diferentes estudos pontuam seu uso para o tratamento do câncer (braquiterapia). Em relação as suas características, têm-se que o Rádio, enquanto metal puro, é branco, e quando exposto ao ar escurece. Na Tabela Periódica é representado pelo símbolo Ra, sob o número atômico 88 e massa atômica de 226,05u (LIMA; BARBOSA; FILGUEIRAS, 2020).

#### 2.1.1.4 Césio

O Césio é um isótopo radioativo, proveniente da fissão nuclear de urânio ou plutônio, que ao se desintegrar dá origem ao Bário, passando a emitir radiações gama. É um metal alcalino macio de coloração prateada-dourada (OKUNO, 2015).

O Césio é um elemento extremamente perigoso para o ser humano, por emitir partículas ionizantes e radiações eletromagnéticas, que podem atravessar pele e tecido humano, interagir com moléculas orgânicas e desencadear efeitos colaterais como vômito, diarreia, tontura e bolhas de queimadura (OKUNO, 2015)

A principal aplicação do Césio está associada a medida do tempo. Desde 1967, o Sistema Internacional de Unidade utiliza os ciclos de radiação como unidade de tempo. Na Tabela Periódica é representado pelo símbolo Cs, sob o número atômico 55 e massa atômica de 132,9u.

#### 2.1.1.5 Polônio

Compreende um metal volátil, de baixo ponto de fusão, cuja desintegração radioativa dá origem ao elemento plutônio. É um elemento difícil de ser encontrado na natureza nos minérios de urânio (BRITO, 2019).

O Polônio é altamente tóxico e radioativo, cujo manejo requer inúmeros cuidados. Segundo Cardoso (2017) o elemento é interpretado como um veneno capaz de matar uma adulto com a dosagem de 1 micrograma apenas. Se inalado ou ingerido torna-se letal, visto que as partículas radiativas estarão em contato direto com o tecido interno/organismo.

Cardoso (2017) esclarece ainda que os sintomas de contaminação por Polônio variam de acordo com a quantidade (medida em grays -Gy) que entra em contato com o indivíduo. Nesse caso têm-se que:

- a. 100 a 200 Gy → sintomas após 5 e 6 semanas: náuseas, vomito e fadiga;
- b. 300 Gy → queda de cabelo e risco de morte (dolorosa e lenta);
- c. 600 Gy → as partícula alfa afeta o sistema sanguíneo e medula óssea elevando o risco de hemorragia e infecções, elevando o risco de morte iminente;
- d. 750 a 800 Gy → a radiação destrói a mucosa gastrintestinal, resultando em diarreia, hemorragia. Mesmo com tratamento o óbito é frequente.

Na Tabela Periódica, o Polônio é representado pelo símbolo Po, sob o número atômico 84 e massa atômica de 209u.

#### 2.1.1.6 Uraninita

A uraninita (Figura 1) é considerada a maior fonte de urânio. Possui elevada importância para a produção de energia e reagente químico (coloração de vidros, porcelana e fotografia) (BRITO, 2019)

FIGURA 1: Uraninita



FONTE: BRITO, 2019

A uraninita é um mineral, cuja características são: dureza 5,5; densidade 9 a 9,7, brilho submetálico, aparência de piche, cor preta e traço preto acastanhado (KUCHENBECKER, 2018).

#### 2.1.1.7 Torianita

Torianita (óxido de tório) pode ser utilizado como catalisador na indústria, como combustível em reatores nucleares, e especificadamente na cobertura dos fios de tungstênio em equipamentos eletrônicos (BRITO, 2019).

FIGURA 2: Torianita



FONTE: BRITO, 2019

A Torianita possui coloração que varia entre o cinza escura e o preto, e brilho submetálico (HADLICH, 2018).



### 2.1.1.8 Torita

Mineral raro, encontrado em pegmatitos (rochas holocristalinas), que pode ser utilizado em equipamentos eletrônicos e laboratoriais (submetidos a elevada temperatura), produção de combustível nuclear, dentre outras (BRITO, 2019).

FIGURA 3: Torita



FONTE: BRITO, 2019

De acordo com Hadlich (2018) a Torita apresenta coloração opaca, transparente, alaranjada (clara), marrom (escuro), com brilho resinoso, gorduroso ou vítreo.

## 2.2 EXTRAÇÃO DE MINÉRIOS

A mineração corresponde a uma das principais atividades econômicas e industriais que promovem ou contribuem para o desenvolvimento socioeconômico do país (CUNHA et al, 2019).

No Brasil, o setor mineral corresponde a 4,2% do Produto Interno Bruto (PIB) e aproximadamente 20% de exportações brasileiras, conforme especificação do Ministério de Minas e Energia. Os principais destinos são o Canadá, Estados Unidos, China e Japão (CUNHA et al, 2019)..

O processo de extração dos minérios, denominados lavra, consiste na primeira etapa do processo, realizado por escavadeiras ou tratores que raspam a rocha ou explosivos, quando o minério está longe da superfície. O processo resulta em

impactos negativos ao meio ambiente, como a contaminação do solo, do ar e dos recursos hídricos.

O processo de extração lavra pode acontecer de duas forma. O primeiro acontece a céu aberto, destinados a minérios que estão em jazidas, próximas da superfície, possibilitando explorar o minério até o final. Já o segundo, o subterrâneo corresponde a minérios, distantes da superfície, delimitados por sonda e topografia (PIACENTINI, 2019).

## **2.3 GERENCIAMENTO LOGÍSTICO**

### **2.3.1 HISTÓRICO**

As atividades realizadas pela logística, envolvem transporte, estoque (armazenagem), gerenciamento de risco e distribuição. Tais comunicações surgiram antes mesmo de existirem comercio ativo entre as cidades vizinhas, o que garante na atualidade em ganhos (lucratividade) ao mercado.

O termo logístico vem do grego *logistiko* que significa cálculo e raciocínio matemático. Desde a Segunda Guerra Mundial, o termo logístico, é interpretado como consequência das atividades de aquisição, estoque e transporte exercidos pela logística militar (CORREIA; AGUIAR, 2012).

O gerenciamento logístico passou a ser caracterizado com o conceito de fluxo de compras de matérias-primas, operações de produção e transformação, controle de materiais e processos, o que também engloba o gerenciamento do transporte e a distribuição dos produtos destinados à venda e consumidor final (CORREIA; AGUIAR, 2012).

As atividades realizadas pela logística envolvem transporte, estocagem (armazenagem), gerenciamento de risco e distribuição. Tais processos, surgiram antes da existência de comércio ativo entre as cidades vizinhas, porém garante ganhos (lucros) ao mercado. Nesse cenário, a definição do termo segue o *Council of Logistics Management* norte-americano (CORREIA; AGUIAR, 2012).

O processo de planejar, implementar e controlar de maneira eficiente o fluxo e a armazenagem de produtos, bem como os serviços e informações associados, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do consumidor (CURTI, 2012, p.1).

Decorrido cinco anos, Pereira e Silva (2017) definem o termo logística como:

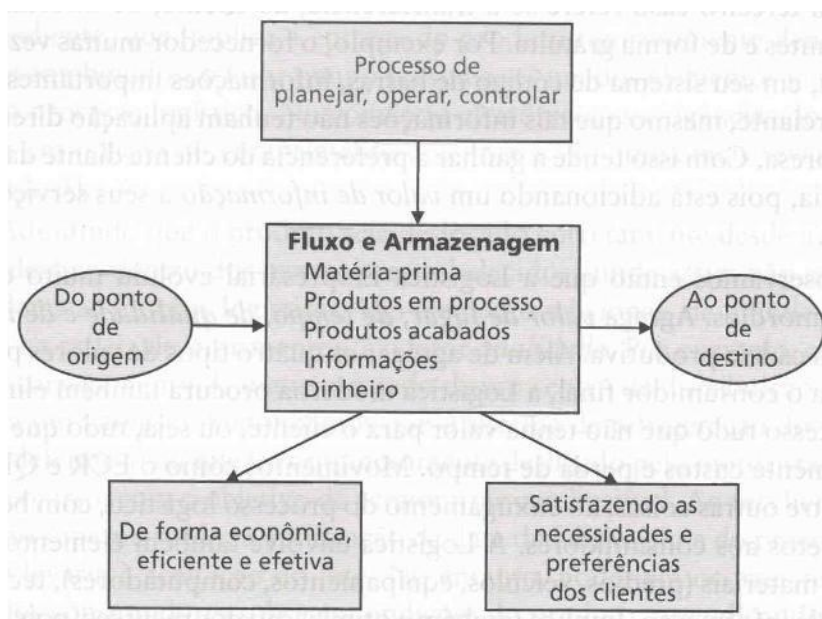
Uma ferramenta de planejamento do transporte, controle, armazenagem e distribuição de itens, matérias-primas, produtos acabados ou não, e serviços utilizados em um processo produtivo desde a sua origem (entrada), a manufatura (processo) até a saída, (cliente interno/externo). Processo este que envolve a utilização eficiente e eficaz dos recursos disponíveis como, por exemplo, adequação do layout, padronização de processos, otimização de espaços para estocagem, capacitação profissional, enfim, busca sempre a melhoria contínua (PEREIRA; SILVA, 2017, p. 291).

Historicamente, a evolução no campo da logística pode ser compreendida a partir de quatro importantes fases:

- a. Primeira fase → período pós-guerra onde o transporte éocado em lotes econômicos, fluxo de informação deficiente (baixo e lento), tempo prolongado para atendimento dos pedidos e produtos padronizados;
- b. Segunda fase → introdução da tecnologia, maior oferta de produtos e opções, racionalização integrada da cadeia de suprimento;
- c. Terceira fase → integração dinâmica e flexível (agentes da cadeia de suprimentos), intercâmbio eletrônico de dados, efetivação dos códigos de barras, maior relevância à satisfação do cliente e intermediários;
- d. Quarta fase (contemporânea) → logística estratégica, efetivo gerenciamento da cadeia de suprimentos, minimização dos custos e desperdícios, melhores resultados (CAVALCANTE et al, 2019).

Na atualidade, a logística é responsável pelo gerenciamento estratégico e eficaz dos recursos da empresa, todavia seu principal objetivo é aumentar a eficiência das atividades que a utilizam. Os elementos conceituais principais estão delineados na Figura 4.

FIGURA 4: Elementos conceituais da logística



FONTE: NOVAES, 2007

### 2.3.2 CONVENCIONAL E REVERSA

A logística convencional ou tradicional está intimamente relacionada ao movimento físico de materiais/equipamentos, com ênfase no gerenciamento e distribuição de insumos/mercadorias. Tem como foco de atenção atividades de compra, produção, vendas e distribuição, estendendo-se a manutenção e gerenciamento de estoques (LIRA; SANTOS NETO; SILVA, 2018).

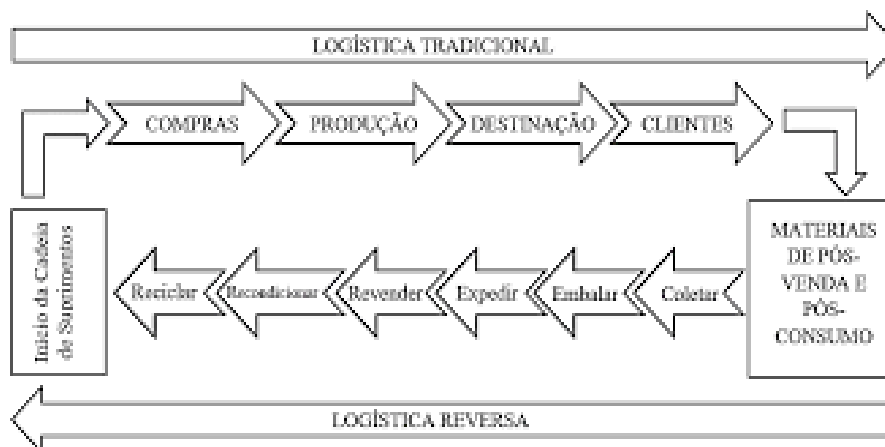
Segundo Callefi, Barbosa e Ramos (2017) a logística tradicional é utilizada essencialmente por instituições, todavia vem se disseminando ao longo dos anos, a terceirização do serviço logístico em variados segmentos. Tal fenômeno é decorrente da busca pelo custo-benefício e efetividade com foco no cliente, associado ao advento e aplicabilidade de novas tecnologias e ferramentas digitais que auxiliam na modernização dos processos.

As inovações que rondam o campo da logística dão origem a logística reversa, que ao contrário da primeira, ocupa-se dos processos relacionados ao processo de retorno de materiais/mercadorias do cliente final de volta para a instituição (LIRA; SANTOS NETO; SILVA, 2018).

A principal diferença entre a logística tradicional e reversa (FIGURA 5) é o processo de planejamento e controle, visto que o monitoramento do produto não

finaliza com a entrega ao cliente, mas sim com a garantia de satisfação do cliente para com o produto recebido (CRUZ; NERES; MENEZES, 2018)

FIGURA 5: Estrutura logística convencional e logística reversa



FONTE: CRUZ; NERES; MENEZES, 2018

Os modelos de logística tem como objetivo responder as necessidades do mercado, oferta de serviço especializado e maior qualidade, todavia a logística reversa corresponde a modelo de adaptação as demandas da sociedade contemporânea, com ênfase na adequação do tempo e melhor oferta de serviço (LIRA; SANTOS NETO; SILVA, 2018).

A importância da logística reversa, nesse âmbito, está direcionada ao transporte de materiais para locais de reciclagem ou processamento. Tais minérios devem ser tratados de forma apropriada, sem que afete o meio ambiente, de forma rápida, eficaz e eficiente.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 MATERIAIS**

Trata-se de um estudo de pesquisa bibliográfica, do tipo narrativa e exploratória.

De acordo com Prodanov e Freitas (2013) a pesquisa bibliográfica consiste no levantamento de referências teorias (materiais científicos) já publicados, com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre a temática proposta. Exploratória por ter partido de uma temática pouco conhecida, e explorada até se chegar a um fundamento lógico, construir hipóteses e descrevê-las, de forma autêntica, na elaboração deste feito.

A coleta de dados foi realizada no período de janeiro a abril de 2021, através de consulta à artigos científicos indexados em diferentes meios de publicações, além de livros, teses, monografias, dissertações, e outros instrumentos que abordam o assunto em questão, selecionados por meio de palavras chaves.

Como critério de inclusão, considerou-se os materiais que respondiam ao objetivo proposto, publicados em português e inglês, cujo resumos estão disponíveis nas bases de dados selecionadas. Foram excluídos os materiais que não se restringiam a temática proposta.

Os dados referentes a temática e sua relevância, publicação contemporâneas e acontecimentos norteadores são apresentados de forma descrita, homogênea, autêntica e fidedigna, como foi feita a peneira para chegar nos materiais selecionados. Ademais, o estudo foi realizado a partir da síntese e análise do conteúdo, além da leitura crítica e reflexiva, para construção dos resultados encontrados, desenvolvimento integral e seguro deste estudo.

### **3.2 MÉTODOS**

Os dados referentes a temática e sua relevância, publicação contemporâneas e acontecimentos norteadores são apresentados de forma descrita, homogênea, autêntica e fidedigna, como foi feita a peneira para chegar nos materiais selecionados.

Ademais, o estudo foi realizado a partir da síntese e análise do conteúdo, além da leitura crítica e reflexiva, para construção dos resultados encontrados, desenvolvimento integral e seguro deste estudo.

Esse estudo foi realizado a partir da síntese e análise do conteúdo. Os procedimentos pertinentes ao desenvolvimento foram: leitura exploratória, para saber do que se tratavam os artigos; leitura seletiva, para descrição e seleção do material quanto a sua relevância; leitura crítica e reflexiva, para construção dos resultados encontrados.

No total, após triagem dos materiais, foram selecionados 25 materiais, dos quais correspondem a 21 publicações científicas, 01 tese de doutorado, 02 dissertações de mestrado e 01 livro para embasamento metodológico. Os dados foram separados, organizados e compreendidos até se formar um raciocínio lógico, uma vez que estes possuíam autenticidade e homogeneidade, elementos principais, para o desenvolvimento integral e seguro deste estudo

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão foram obtidos de acordo com os objetivos. Foi feita uma análise dos requisitos das normas de transporte de material radiativo e nuclear, onde os diferentes estudos pontuaram a questão deste ser um processo complicado em todo o mundo, sobretudo pelos custos e recursos humanos envolvidos e necessários. Considerado altamente perigoso, Okuno (2015) e Brito (2019) afirmam que esses, podem gerar impactos ambientais e pessoais catastróficos, devendo este ocorrer de modo padronizada e de acordo com especificações ou legislações vigentes.

Assis (2018) e Brito (2019) são categóricos ao afirmarem que os requisitos para o transporte de materiais radioativos e nucleares se aplicam a diferentes modalidades de transporte, seja aquático, terrestre, marítimo ou fluvial. Tais requisitos envolvem a fabricação, manutenção/reparo de embalagens, recepção e descarga, armazenamento em trânsito, dentre outras.

Os resultados evidenciam que container de carga para materiais radioativos deve ser projetado para transporte de produtos embalados ou não, independente da modalidade de transporte. Assim Oliveira (2016) e Assis (2018) afirmam que o sistema de embalagem deve obter fechamento permanente, rígido e forte para o uso contínuo, para facilitar o manuseio durante transbordos.

Os embalados para materiais radioativos e nucleares, segundo apontamentos da Indústria Nuclear do Brasil (2019) devem ser absorventes, com absorção a choque mecânicos, espaçadores e blindagem de radiação. Ademais deve obter válvula de enchimento, esvaziamento, ventilação e alívio de pressão. O formato pode ser de caixa, tambor, tanque, dentre outros.

Okuno (2015) e Milanez (2015) acrescentam ainda que os para materiais radioativos devem ser certificados, rotulados e lacrados pelo órgão expedidor, junto aos documentos de transporte. Os veículos devem ser sinalizados, monitorados via satélite, e possuir kit de emergência, enquanto que os profissionais devem fazer uso de equipamento de proteção individual para manuseio do material, conforme o tipo de carga.

O transporte, quando realizado de forma adequada resulta em mínimos riscos a saúde da população e meio ambiente. Para tanto, Milanez (2017) e Kuchenbecker



(2018) chamam atenção para o fato de que no transporte terrestre o cuidado deve ainda ser maior, uma vez que está sujeito a acidentes que podem danificar o material e embalagem, resultando em vazamento, risco e incêndio e explosões.

No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear é responsável pela regulamentação referente ao transporte de materiais radioativos, por meio da norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear-NE-5.01, e outros organismos responsáveis pelo transporte modal no país. Tais organismos segundo Milanez (2017) e Assis (2019) possuem diretrizes para o transporte de material radiativo, que seguem as normas e regulamentos da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT) - Resolução 420; Agência Nacional de Transporte Aquático (ANTAQ) - Resolução 2239; Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) - RBAC 175; Marinha do Brasil Norma 01; Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) – Resolução Resolução 237 LC140, IN 05; e Ministério do Transporte - NR 29.4.

No tocante, dos cuidados destinados a extração, mineração e transporte dos materiais radioativos Milanez (2017) e Assis (2018) afirmam que cada país possui legislação específica, todavia no Brasil, esses processos são amparados pelo Código de Mineração (Decreto Lei nº 227/1967) e os regulamentos do Departamento Nacional de Produção Mineral, Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e pelo Instituto de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA).

Na busca pela efetividade no transporte, são importantes as seguintes medidas: a) avaliação e controle de exposição dos colaboradores a radiação (monitorização individual e de área, supervisão médica e afastamento adequado); b) controle para embalados quanto a contaminações, vazamento e exposição à radiação; c) limitações quanto aos níveis de atividades, níveis de radiação, manuseio e acondicionamento (ASSIS, 2018).

Dill (2018) esclarece que o transporte de material radioativo, indiferente da via (marítima, terrestre, aérea) devem cumprir especificações da Comissão Nacional de Energia Nuclear, com destaque as Normas CNEN-NN-5.01, CNEN-NN-5.04 e CNEN-NN-5.05 e outras diretrizes nacionais. Essas objetivam manter a segurança do transporte de produtos altamente perigosos.

A Norma CNEN 5.01 estabelece requisitos de segurança e proteção radiológica a serem atendidos desde a origem até o destino final das remessas, de forma a assegurar o adequado nível de controle da eventual exposição de pessoas, bens e meio ambiente aos efeitos nocivos das

radiações ionizantes. A Norma CNEN 5.04 dispõe sobre o rastreamento de veículos de transporte de materiais radioativos. A Norma CNEN 5.05 estabelece os requisitos de projeto e de ensaios para materiais, embalagens e volumes contendo materiais radioativos. Os requisitos normativos se aplicam às condições rotineiras, normais e acidentais que possam ocorrer durante uma operação de transporte (MACHAVANE, 2017, p. 26).

Frente a necessidade de obter licenças ambientais e aprovações nas áreas de instalações radiativas, nucleares e na atividade transporte, a CNEN e o IBAMA acordaram em 2014 por meio de Acordo de Cooperação Técnica a Nota Técnica IBAMA-CNEN N° 01-2013 (Revisão 1 - 2020) que disciplina/orienta os parâmetros de transporte, oferecendo ainda orientações para elaboração do Plano Geral de Transporte. Tais apontamentos segundo Milanez (2017) objetivam manter a segurança do transporte de produtos altamente perigosos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os materiais radioativos e nucleares podem ser utilizados no cotidiano para o diagnóstico e tratamento de doenças como o câncer, todavia o manuseio desse material requer cuidados e atenção, uma vez que pode resultar em prejuízos à saúde humana e ao ambiente.

Os objetivos desse estudo foram alcançados, por evidenciar que o transporte de materiais nucleares e radiativos deve seguir legislação e normas específicas, quanto ao armazenamento e manuseio, exigindo os profissionais envolvidos no transporte o uso de equipamentos de proteção individual, visto que a exposição ao produto pode causar danos irreversíveis.

As leis e normas de transporte devem ser seguidas com o propósito de garantir segurança e proteção radiológica. Nesse interim, o transporte de materiais radioativos e nucleares, por via aérea, marítima e terrestre são regulamentados pela Norma CNEN-NE 5.01.

Em síntese, a efetividade do transporte depende de variáveis como embalagem e documentação adequada, profissionais treinados e veículos em condições operacionais adequadas.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, Cesar Augusto Silva Cardoso. **Transporte de material radioativo: estudo de caso em plano de transporte efetuado pelo hospital do câncer de Uberlândia**, 2018, 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) – Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

BONES, Alegransi Ubiratan; SCHIRMER, Priscila; CEOLIN, Celina. O papel da energia nuclear na matriz energética brasileira: aspectos socioeconômicos e ambientais. **Associação Brasileira de Energia Nuclear – ABEN**. 2017, p. 1-15.

BRITO, Letícia. Minerais radioativos: importância e aplicações. **Sociedade Brasileira de Geologia**. 2019, p. 1-7.

CALLEFI, Mario Henrique Bueno Moreira; BARBOSA, Willyan Prado; RAMOS, Diego Vieira. O papel da logística reversa para as empresas: fundamentos e importância. **R. Gest. Industr.** v. 13, n. 4, 2017, p. 171-187.

CARDOSO, Suelen Pestana. **Física das Radiações: um enfoque CTS para alunos do ensino Médio da área industrial**. 2017. 251f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2017.

CARLOS SAMPAIO, Pedro Miguel. **Radioatividade nas águas destinadas a consumo humano**. 2017, 94f. Relatório (Mestrado) – Instituto Politécnico de Coimbra, 2017.

CAVALCANTE, Heloiza da Silva et al. Uma breve análise sobre a evolução da logística. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**. 2019, p. 1-14

CRUZ, Diogens Marco Brito; NERIS, Lucas Magno; MENEZES, Jeane Denise de Souza. Logística reversa dos óleos lubrificantes e suas embalagens de pós consumo: Um estudo em um posto de combustível localizado na cidade de Alagoinhas-BA. **Anais do X Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe**, 2018, p, 1-11.

CUNHA, Ana Maria Botelho Marinho da et al. **Produção Mineral Brasileira: resultados econômicos, desenvolvimento social e externalidades negativas da exploração do minério de ferro em Minas Gerais**. XXVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa Belo Horizonte - MG. 2019, p. 1-8.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Mineração de urânio: compromisso com a segurança e a população**. 2019. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/Detalhe/Conteudo/mineracao-de-uranio-compromisso-com-a-seguranca-e-a-populacao/Origem/395>. Acesso em: 10 fev. 2021.

KUCHENBECKER, Matheus. Recursos Minerais de Minas Gerais On-Line: síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, meio ambiente e mineração de Minas Gerais. **Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE)**. 2018.

LIMA, Geraldo M. de; BARBOSA, Luiz CA; FILGUEIRAS, Carlos AL. Origens e consequências na Tabela Periódica, a Enciclopédia mais concisa criada pela humanidade. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 42, n. 10, 2019, p. 1125-1145. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422019005001125&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422019005001125&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 02 fev. 2021

LIRA, Dayane; SANTOS NETO, José Ferreira dos; SILVA, Ricardo Moreira. Desafios na implantação de um sistema de logística reversa de embalagens: estudo de caso em uma varejista de materiais para construção civil. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**. v. 13, n. 2, 2018, p. 178-184. Disponível em: DOI: 10.20985/1980-5160.2018.v13n2.1337. Acesso em: 02 fev. 2021

MACHAVANE, Edna Felicina Lisboa. **Requisitos de proteção e segurança radiológica para NORM nas instalações de petróleo e gás**. Rio de Janeiro: IRD/IAEA, 2017.

MAIA, Vinícius de Souza Barbosa. **Urânio depletado: vantagens e desvantagens de uma aplicação tecnológica**. 2017, 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

MILANEZ, Bruno. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**. v. 16, 2017, p. 1-10.

NUNES, Gabriela N et al. Contribuição do Método Gama espectrométrico no Estudo da Região de São Francisco de Itabapoana no Contexto da Exploração de Terras-Raras. **Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana**. n. 8, 2018, p. 2-13

OKUNO, Emico. Os efeitos biológicos da acidente com o Césio-137 em Goiânia. **Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**. 2015, p. 1-5.

OLIVEIRA, Samuel Samir Barbosa et al. **Energia Nuclear: vantagens e desvantagens**. VIII Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe. 2016, p. 1-7.

PEREIRA, Dionei ; SILVA, Marco Aurélio. Introdução a logística. **Revista Gestão em Foco**. n. 9, 2017, p. 291-304.

PIACENTINI, Patrícia. Existe alternativa para o uso dos rejeitos de mineração ?. **Cienc. Culto.**, São Paulo, v. 71, n. 2, pág. 9-12, abril de 2019. Disponível em <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S000967252019000200004&lng=en&nrm=iso](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000967252019000200004&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 03 mar. 2021.

PRODANOV, CC, Freitas EC. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico]: métodos e técnicas de pesquisa do trabalho acadêmico. 2ª ed. Novo Hamburgo: ed. Feevale, 2013.

QUEIROZ, Marluce Teixeira Andrade et al. Estudo sobre os teores de Tório, Urânio e Potássio nas águas superficiais e sedimento marginal do Rio Piracicaba, Minas Gerais, Brasil. Eng Sanit Ambient. v. 22, n. 2, 2017, p. 371-380. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/esa/v22n2/1809-4457-esa-s1413-41522016126287.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2021

SALIBA DE PAULA, Bruno Lucas. A mineração de urânio em questão: análise da comunicação pública das Indústrias Nucleares do Brasil (INB) em Caetité, Bahia. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde - RECIIS**. v. 14, n. 2, 2020, p. 329-341

SANTOS, Nandízia Fernanda Tavares dos. **Biomonitoração de urânio e tório em moradores de áreas anômalas e adjacentes do estado da Paraíba. 2016**. 104 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco. 2016.

SILVA, Samara Capitol da; MIOTTO, Ronisson Paulo; CLEMENTE, Igor Magalhães. **Urânio no Brasil: uma análise sobre sua viabilidade energética no contexto atual**. 2018, 7f. Iniciação Científica (Bacharel) - Universidade Federal de Pampa. 2018.

SOUZA, Ozenildo Gil Silva de. **Mapeamento do gás radônio, tório e urânio e de minerais pesados em areias do Rio Potengi-RN usadas na construção civil**. 2017. 80f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

## APENDICE A – RELATÓRIO COPYSPIDER



CopySpider  
<https://copyspider.com.br/>

Page 3 of 193

=====  
**Arquivo 1:** TCC Minerais radioativos.docx (5072 termos)

**Arquivo 2:** <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/2-3-uranio> (7525 termos)

**Termos comuns:** 122

**Similaridade:** 0,97%

**O texto abaixo é o conteúdo do documento** TCC Minerais radioativos.docx (5072 termos)

**Os termos em vermelho foram encontrados no documento** <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/2-3-uranio> (7525 termos)

=====  
20

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA

Faculdade de Tecnologia de Jundiaí ? ?Deputado Ary Fossen?

Curso Superior de Tecnologia em Logística

Diego de Almeida Silva  
Jonatã Rodrigues de Godoi  
Zenia da Silva Santos

TRANSPORTE DE MINERAIS RADIOATIVOS E NUCLEARES