



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL**

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS E DE TRABALHO NA SAÚDE DE  
MINERADORES DO SERIDÓ ORIENTAL PARAÍBANO**

**MARIA TERESA DE JESUS CAMELO GUEDES**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2021**

**MARIA TERESA DE JESUS CAMELO GUEDES**

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS E DE TRABALHO NA SAÚDE DE  
MINERADORES DO SERIDÓ ORIENTAL PARAÍBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Campina Grande –  
UFCG, para encerramento do componente  
curricular e conclusão da graduação em  
Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Hermínio Cunha Feitosa  
Coorientadora: Ma. Rayssa de Lourdes Carvalho Marinho do Rêgo

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2021**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me permitir chegar até aqui e permanecer comigo em todos os momentos.

À minha mãe, Samara Martins Camelo, por todo amor, incentivo, dedicação e por sempre acreditar no meu potencial. Ao meu irmão, João Pedro Camelo Guedes, por torcer por mim e ser ombro amigo.

Ao meu pai, Flaviano Xavier Guedes (*in memoriam*). Sei que estaria orgulhoso com a conclusão dessa etapa tão importante na minha vida.

À minha avó, Socorro Martins Colaço, por todo apoio, incentivo e por me ajudar incansáveis vezes para que a realização desse trabalho fosse possível. Aos meus avós, tios e primos por torcerem por minha felicidade.

Agradeço à minha orientadora, Patrícia Herminio Cunha Feitosa, por todos os ensinamentos, disposição ao longo da graduação e pela orientação em monitoria, projeto de iniciação científica e no trabalho de conclusão de curso. Sou muito grata pela confiança que depositou em mim.

À minha coorientadora, Rayssa de Lourdes Carvalho Marinho do Rêgo, por todo aprendizado, paciência e disponibilidade.

Aos meus amigos Gabriele, Geovanna, Hamilton, Luma Gabriela, Mateus e Milena, por todos os momentos maravilhosos compartilhados ao longo da graduação. Sou grata pela amizade e carinho de vocês.

Aos presidentes da COOPICUÍ (Antônio Henriques), COOGARIMPO (Ruthnea Dilenna) e ao ex-presidente da COOPERMINERAL (Francivaldo Santos de Araújo) por acolherem meu pedido de aplicação de questionários.

Às empresas Dirubis Mineração e Serviços Eireli – ME e Cristal Mineração e Extração EIRELI e aos mineradores por responderem aos questionários e contribuírem para esta pesquisa.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, me ajudaram para conclusão do trabalho e do curso.

## RESUMO

A extração mineral é uma das atividades que mais oferecem perigos aos trabalhadores que estão expostos constantemente a riscos, como a radiação. Dentre as fontes de radiação que os mineradores estão sujeitos, destaca-se o radônio 222, gás que apresenta elevadas concentrações em ambientes de mineração e quando inalado ou ingerido aumenta o risco de desenvolvimento de neoplasias, como o câncer de pulmão e estômago. Dessa forma, é necessário adotar medidas e cuidados para reduzir doenças ocupacionais em mineradores. Na região do Seridó Paraibano existem diversas minas em operação devido a características geológicas propensas ao extrativismo mineral. O objetivo do estudo é avaliar a influência das condições ambientais e de trabalho na saúde de mineradores do Seridó Oriental Paraibano. Para isso, foram aplicados questionários com mineradores e empresas de mineração dessa região e feito um levantamento de óbitos por doenças relativas ao radônio 222 no DATASUS para os municípios em estudo, Paraíba e Brasil. A partir das respostas obtidas no questionário dos mineradores, realizou-se análise estatística por meio do coeficiente de correlação de Pearson de modo a relacionar a taxa de adoecimento por doenças gástricas e respiratórias com o uso de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) e a jornada de trabalho dos garimpeiros. Através da análise dos índices de adoecimento por neoplasias, percebeu-se que os números de óbitos por câncer de pulmão e estômago nos municípios em estudo são cerca de duas vezes maiores do que as mesmas taxas apresentadas para Paraíba e Brasil. Ao avaliar os questionários, percebeu-se que existe uma grande resistência dos mineradores com relação ao uso de EPIs, que são utilizados por apenas 40% dos garimpeiros apesar das empresas entrevistadas disponibilizarem tais equipamentos seguindo o recomendado pela NR – 22. Utilizando o método de correlação de Pearson, constatou-se que quanto menor a quantidade de EPIs utilizados e quanto maior a jornada de trabalho diária, maiores as chances de desenvolvimento de doenças respiratórias e estomacais, comprometendo a saúde dos garimpeiros. O adoecimento por neoplasias nos mineradores entrevistados é de 27,4%, sendo que destes, 41% possuem câncer de pulmão. Além disso, 55% apresentam enfermidades como gastrites, úlceras, pólipos estomacais e silicose. Por meio dos dados obtidos nos questionários e na série histórica de óbitos, percebe-se que os garimpeiros do Seridó Paraibano estão sujeitos ao desenvolvimento de diversas doenças ocupacionais que comprometem a saúde, sendo motivo de preocupação de saúde pública. Assim, é necessário que empresas de mineração da região realizem ações preventivas e reforcem a necessidade de uso de EPIs para garantir a preservação da saúde dos seus trabalhadores, seguindo o que é imposto pelas Normas Regulamentadoras vigentes.

**Palavras-chave:** Rn222; Seridó Paraibano; EPIs.

## ABSTRACT

Mineral extraction is one of the activities that most pose hazards to workers who are constantly exposed to risks, such as radiation. Among the radiation sources that miners are subject to, radon 222 stands out, a gas that has high concentrations in mining environments and when inhaled or ingested it increases the risk of developing neoplasms, such as lung and stomach cancer. Thus, it is necessary to adopt measures and care to reduce occupational diseases in miners. In the region of Seridó Paraibano there are several mines in operation due to geological characteristics prone to mineral extraction. The objective of the study is to evaluate the influence of environmental and work conditions on the health of miners in Seridó Oriental Paraibano. For this, questionnaires were applied with miners and mining companies in that region and a survey of deaths due to diseases related to radon 222 in DATASUS for the cities under study, Paraíba and Brazil. From the answers obtained in the miners' questionnaire, statistical analysis was carried out using Pearson's correlation coefficient in order to relate the rate of illness due to gastric and respiratory diseases with the use of IPE (Individual Protective Equipment) and the journey miners' work. Through the analysis of the rates of illness due to neoplasms, it was noticed that the numbers of deaths from lung and stomach cancer in the municipalities under study are about twice as high as the same rates presented for Paraíba and Brazil. When evaluating the questionnaires, it was noticed that there is a great resistance from the miners in relation to the use of IPE, which are used by only 40% of the gold prospectors despite the interviewed companies providing such equipment following the recommended by NR - 22. Using Pearson's correlation method, it was found that the smaller the amount of IPE used and the greater the daily workday, the greater the chances of developing respiratory and stomach diseases, compromising the health of the gold prospectors. Illness due to neoplasms in the interviewed miners is 27.4%, of which 41% have lung cancer. In addition, 55% have diseases such as gastritis, ulcers, stomach polyps and silicosis. Through the data obtained in the questionnaires and in the historical series of deaths, it can be seen that the miners of Seridó Paraibano are subject to the development of several occupational diseases that compromise their health, which is a matter of public health concern. Thus, it is necessary for mining companies in the region to carry out preventive actions and reinforce the need to use IPE to guarantee the preservation of the health of their workers, as required by the current Regulations.

**Key-words:** Rn222; Seridó Paraibano; IPE;

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Risco de morte por câncer de pulmão associado à exposição de radônio $^{222}\text{Rn}$ de 200 Bq/m <sup>3</sup> .....	17
Tabela 2 - Características socioeconômicas dos municípios.....	25
Tabela 3 - Principais efluentes e atividades econômicas dos municípios avaliados .....	26
Tabela 4 - Informações relacionadas ao tempo e número de horas diárias trabalhadas na mineração.....	37
Tabela 5 - Empresas de mineração que responderam ao questionário .....	40

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Equipamentos de Proteção Individual estabelecidos na NR - 6.....	21
Quadro 2 - Cooperativas dos municípios do Seridó Oriental Paraibano.....	31
Quadro 3 - Empresas de mineração no Seridó Paraibano .....	31

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Contribuição das diversas fontes para exposição humana de radiação .....	14
Figura 2 - Dose individual média anual decorrente de fontes naturais e artificiais.....	15
Figura 3 - Série de decaimento natural do $^{238}\text{U}$ .....	16
Figura 4: Fluxograma utilizado na metodologia de estudo .....	24
Figura 5 - Seridó Oriental Paraibano e municípios em estudo .....	25
Figura 6 - Mapa geológico dos municípios Baraúna, Frei Martinho, Nova Palmeira, Pedra Lavrada e Picuí /PB .....	27
Figura 7 - Coeficiente de correlação de Pearson .....	33
Figura 8 - Taxa de incidência de óbitos por neoplasias malignas e demais doenças em Baraúna, na Paraíba e no Brasil .....	34
Figura 9 - Taxa de incidência de óbitos por neoplasias malignas e demais doenças em Frei Martinho, na Paraíba e no Brasil .....	35
Figura 10 - Taxa de incidência de óbitos por neoplasias malignas e demais doenças em Nova Palmeira, na Paraíba e no Brasil.....	35
Figura 11 - Taxa de incidência de óbitos por neoplasias malignas e outras doenças em Pedra Lavrada, na Paraíba e no Brasil .....	36
Figura 12 - Taxa de incidência de óbitos por neoplasias malignas e outras doenças em Picuí, na Paraíba e no Brasil.....	36
Figura 13 - Desenvolvimento de doenças relacionadas ao tempo de serviço na mineração ....	38
Figura 14 - Desenvolvimento de doenças relacionadas ao número de horas diárias trabalhadas na mineração.....	38
Figura 15 - Gráfico de dispersão entre a quantidade de horas trabalhadas diariamente e o número de doenças desenvolvidas pelos mineradores.....	39
Figura 16 - Equipamentos de Proteção Individual utilizados pelos mineradores .....	41
Figura 17 – Gráfico de dispersão entre a quantidade de EPIs utilizados e o número de doenças desenvolvidas pelos mineradores .....	42
Figura 18 - Tipos de câncer apresentados pelos mineradores nos questionários .....	43
Figura 19 - Tipos de câncer nos mineradores de Picuí.....	44
Figura 20 - Desenvolvimento de doenças relacionadas ao número de horas diárias trabalhadas na mineração em garimpeiros de Picuí.....	45

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
CACB	Confederação das Associações Comerciais e Empresariais do Brasil
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
COOGARIMPO	Cooperativa de garimpeiros de Nova Palmeira
COOMIPEL	Cooperativa de pequenos mineradores de Pedra Lavrada
COOPICUÍ	Cooperativa dos mineradores de Picuí
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
EPI	Equipamento de Proteção Individual
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IARC	International Agency for Research on Cancer
NR	Norma Regulamentadora
PPB	Província Pegmatítica da Borborema
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Brasil
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
USEPA	United States Environmental Protection Agency
WHO	World Health Organization

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo geral .....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1 MINERAÇÃO NO BRASIL.....	13
2.1.1 Fontes naturais e artificiais de radiação.....	13
2.2 RADÔNIO 222.....	15
2.2.1 Radônio em ambientes de mineração.....	18
2.3 NORMAS REGULAMENTADORAS RELACIONADAS À ATIVIDADE DE MINERAÇÃO.....	19
2.4 MINERAÇÃO NO SERIDÓ PARAIBANO .....	21
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE DE EXTRAÇÃO MINERAL NO SERIDÓ ORIENTAL PARAIBANO.....	29
3.3 PERCEPÇÃO DOS MINERADORES SOBRE OS CUIDADOS E ESTRATÉGIAS DE EMPRESAS DE MINERAÇÃO PARA SEGURANÇA, CONTROLE E PREVENÇÃO DA SAÚDE OCUPACIONAL .....	30
3.4 AVALIAÇÃO DOS DADOS DE ÓBITOS POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS E ESTOMACAIS NA ÁREA DE ESTUDO.....	32
3.5 COMPARAÇÃO DE DADOS OBTIDOS NO QUESTIONÁRIO DOS MINERADORES ATRAVÉS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	32
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>34</b>
4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DE ÓBITOS DO TABNET – DATASUS.....	34
4.2 INFLUÊNCIA DA JORNADA DE TRABALHO DOS MINERADORES EM RELAÇÃO AO DESENVOLVIMENTO DE DOENÇAS GÁSTRICAS E RESPIRATÓRIAS.....	37
4.3 AVALIAÇÃO DAS AÇÕES ADOTADAS POR EMPRESAS MINERADORAS COM RELAÇÃO A SEGURANÇA E SAÚDE DOS GARIMPEIROS.....	40
4.4 USO DE EPIs NO SERIDÓ PARAIBANO.....	41

4.5 DOENÇAS OCUPACIONAIS ASSOCIADAS AOS AMBIENTES DE MINERAÇÃO .....	43
4.6 ANÁLISE DO MUNICÍPIO DE PICUÍ/PB .....	44
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>48</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>54</b>
APÊNDICE A .....	54
APÊNDICE B.....	57
APÊNDICE C.....	59

## 1. INTRODUÇÃO

A mineração, responsável pela extração de recursos minerais, possui fundamental importância no setor econômico brasileiro. Entretanto, é uma das atividades industriais que mais oferecem perigos e riscos aos trabalhadores (SILVA *et al*, 2018). Os mineradores encontram-se sujeitos à radioatividade, baixa concentração de oxigênio, temperatura elevada e estresse (HERRAIZ e SILVA, 2015, p, 207).

Nos ambientes de extração mineral, os mineradores estão constantemente expostos a fontes de radiação. Essas, por sua vez, podem ser de origem natural ou artificial. As fontes de origem natural são provenientes do espaço (radiação cósmica) e de radionuclídeos que estão presentes no solo, materiais de construção, água e ar ou em alimentos (ALBERIGI, 2011). Já as fontes de origem artificial são aquelas provenientes de atividades antrópicas, como utilização de reatores nucleares e industriais e aplicações médicas (OLIVEIRA, 2013).

De acordo com a UNSCEAR (2000), aproximadamente 75% da radiação total que afeta a saúde humana recai sobre fontes naturais de radiação, sendo a maior parte atribuída ao radônio e seus descendentes de meia-vida curta.

O radônio é um gás inerte, inodoro e insípido e suas partículas podem ser inaladas, através do ar, ou ingeridas por meio da água (MAZZILLI *et al*, 2011). Esse gás é produzido através da série de decaimento do rádio ( $^{226}\text{Ra}$ ), que é produto do decaimento do urânio ( $^{238}\text{U}$ ) (KANDARI *et al*, 2016) e em espaços confinados ou subterrâneos, como em ambientes de mineração, são frequentemente elevados (FRANCISCA, 2018).

O radônio 222 é foco das preocupações de saúde pública, sendo considerado a segunda causa de câncer de pulmão, após o tabagismo e a primeira causa conhecida de câncer de pulmão em não fumantes (WHO, 2009). Ao ser inalado, o gás passa aos pulmões e ao decair, seus descendentes podem provocar alterações cromossômicas e danos às células do sistema respiratório originando possível câncer (UNSCEAR, 2000; EPA, 2003; EPA, 1999).

Em ambientes de mineração, grande parte da radiação ionizante é devido à presença de radônio, gás emanado a partir do solo e das rochas. Segundo Francisca (2018), nesses locais, os trabalhadores estão mais susceptíveis a inalar radônio durante sua jornada de trabalho, adquirindo um grau de exposição maior em relação a esse gás.

Dentre os efeitos crônicos possíveis decorrentes da exposição à radiação, evidencia-se o desenvolvimento de catarata e câncer, com destaque para o de pulmão, tireoide, os que afetam

ossos e o sistema hematopoiético (PEREIRA, 2016). Além dessas doenças, cabe destacar também, o câncer gástrico (VERÍSSIMO *et al*, 2013).

Os mineradores estão sujeitos a riscos físicos, químicos e biológicos através do exercício do trabalho que possui características de insalubridade, periculosidade e penosidade (LARROSSA, 2017). Objetivando minimizar esses riscos, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) estabelece Normas Regulamentadoras (NRs) para possibilitar o desenvolvimento de atividades buscando a segurança e saúde dos trabalhadores, como a NR – 6 (Equipamentos de Proteção Individual) e a NR – 22 (Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração).

Na região do Seridó Oriental Paraibano, as atividades ligadas à mineração constituem-se como uma das principais fontes de renda, em virtude da geologia desse local, e caracteriza-se por possuir minas e garimpos em operação. Considerando os efeitos na saúde dos mineradores, em decorrência da exposição de fontes diversas de perigo, faz-se necessário identificar as condições de saúde ocupacional de garimpeiros que trabalham nessa região.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a influência das condições ambientais e de trabalho na saúde ocupacional de mineradores do Seridó Oriental Paraibano.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar os índices de ocorrência de câncer de pulmão, gástrico e doenças respiratórias e estomacais nos municípios de Baraúna, Frei Martinho, Nova Palmeira, Pedra Lavrada e Picuí que possam apresentar relação com a atividade de mineração;
- Avaliar as ações adotadas por empresas mineradoras relacionados à segurança do trabalho, controle e prevenção da saúde dos mineradores;
- Verificar a influência do uso de EPIs (equipamentos de proteção individual), horas diárias trabalhadas e tempo de serviço de mineradores do Seridó Paraibano com relação aos índices de adoecimento da área de estudo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 MINERAÇÃO NO BRASIL

A atividade mineradora no Brasil representa importância crucial para a soberania nacional (FONTANELLI e LIMA, 2019), sendo considerada uma das atividades econômicas mais relevantes no país e envolve a exploração de combustíveis, minerais metálicos e não metálicos. A utilização dessas matérias primas da natureza é necessária para produção de energia elétrica, asfalto, produtos industriais, materiais para construção civil, dentre outros (SANTOS, 2017).

De acordo com a IBRAM (2015), o cenário de mineração no Brasil é constituído por micro, pequenas, médias e grandes empresas. O setor mineral abrange dos mais simples modos de produção aos mais avançados recursos de empresas de extração mineral. Considerando essa abrangência, destaca-se os garimpos, caracterizados pela exploração e extração, manual ou mecanizada, de substâncias minerais, em diversos lugares do Brasil (DANTAS, 2017).

A mineração, responsável pela extração de recursos minerais, é geradora de emprego e renda e contribui para promoção do dinamismo econômico (DANTAS, 2017). Entretanto, apesar dos benefícios para a economia, os mineradores estão expostos a diversas fontes de perigos no local de trabalho, destacando-se ruídos excessivos, exposição à radiação, sobrecarga térmica, exposição à poeira e microrganismos, queda de fragmentos de rochas, explosões, entre outros (SANTOS, 2017).

Dentre as fontes de perigo aos quais os mineradores estão expostos, é importante enfatizar as fontes de radiação que podem ser de origem natural ou artificial.

#### 2.1.1 Fontes naturais e artificiais de radiação

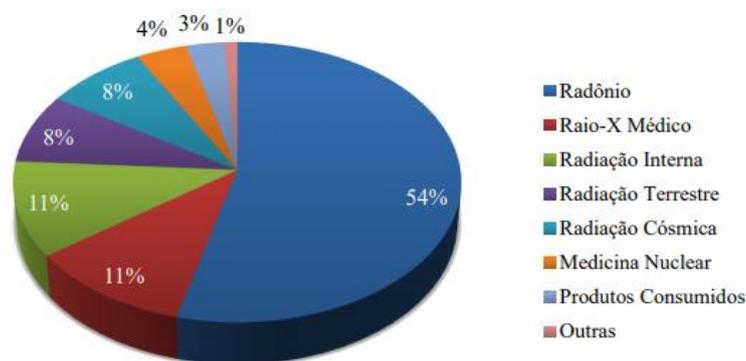
Os elementos radioativos e a radiação são encontrados no planeta Terra muito antes do aparecimento de vida no mesmo, tendo-se originado na “grande explosão” que ocorreu há 20.000 milhões de anos. Apesar disso, a humanidade tomou conhecimento desse fenômeno há pouco mais de um século (MAZZILLI *et al*, 2011).

O homem está constantemente exposto a fontes de radiação de origem natural e artificial. As fontes de origem natural podem ser oriundas do espaço (radiação cósmica) e de radionuclídeos que estão presentes no solo, materiais de construção, água e ar ou em alimentos (ALBERIGI, 2011).

As fontes de radiação de origem artificial provêm de atividades antrópicas, como utilização de reatores nucleares e industriais, aplicações médicas, a exemplo da radioterapia, que contribuem para o aumento dos níveis de radioatividade no meio ambiente, elevando a taxa de radiação dos indivíduos expostos, podendo trazer prejuízos à saúde (OLIVEIRA, 2013).

A Figura 1 ilustra a contribuição das diversas fontes para exposição humana de radiação. Nela, percebe-se que a contribuição de radônio é a mais alta, representando 54% das fontes para exposição aos seres humanos.

Figura 1 - Contribuição das diversas fontes para exposição humana de radiação



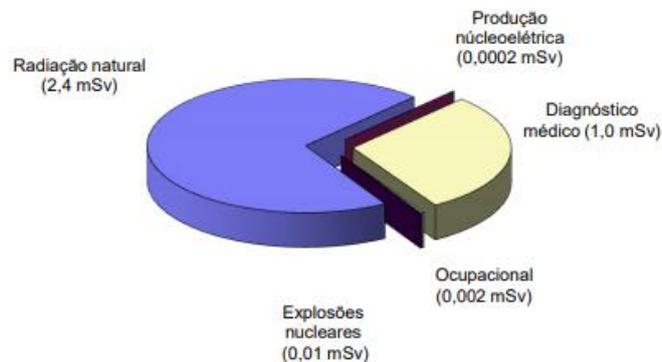
Fonte: Amaral (2018) adaptado de UNSCEAR (2010).

O ideal é que a dosagem a qual o indivíduo está exposto seja pequena para que não acarrete problemas de saúde. A grandeza utilizada para se medir a exposição à radiação das pessoas é a dose efetiva, medida em milisievert – mSv (UNSCEAR, 2008). A dose efetiva anual de exposição à radiação natural da população humana varia entre 1 e 15 mSv, com média estimada em 2,4 mSv (CAMPOS *et al*, 2013).

Mesmo que todos os habitantes da Terra estejam expostos à radiação natural, alguns são mais irradiados do que outros, uma vez que os níveis de radiação natural variam consideravelmente dependendo da região. Existem áreas específicas no mundo onde o nível de radiação natural é muito mais alto que o normal (MAZZILLI *et al*, 2011).

Segundo Fianco (2011), a intensidade da exposição à radiação varia de acordo com alguns fatores. São eles, a posição geográfica, a composição de rochas e solos, condições climáticas e até mesmo, hábitos socioculturais. Assim, deve-se atentar a dosagem de radiação quando se pensa nos malefícios à população. Na Figura 2, é apresentada a dose individual média anual provenientes de fontes artificiais e naturais.

Figura 2 - Dose individual média anual decorrente de fontes naturais e artificiais



Fonte: MAZZILLI *et al.* (2011).

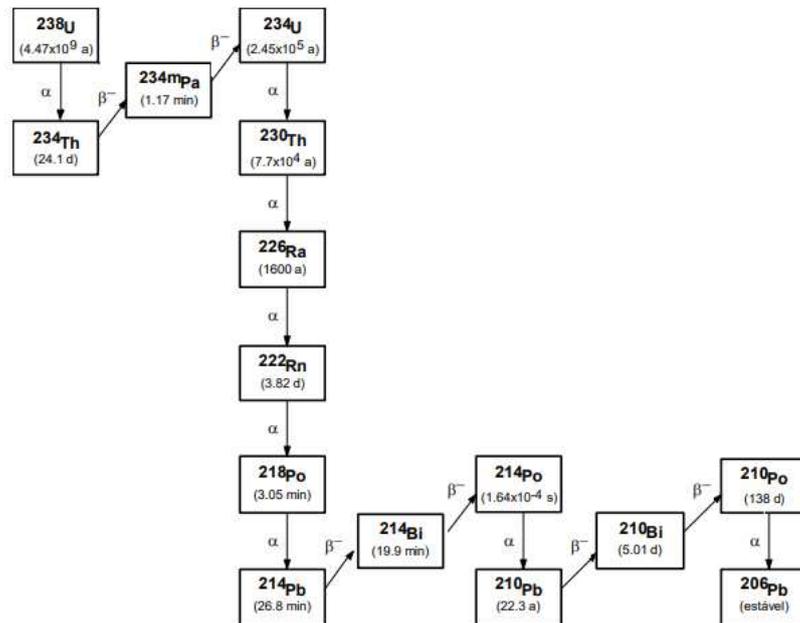
Percebe-se que a radiação natural representa a dose mais alta de radiação a que o homem está exposto, sendo a maior parte atribuída ao radônio e seus descendentes de meia-vida curta ( $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  e  $^{214}\text{Po}$ ). Esta contribuição é aproximadamente 1,1 mSv, sendo cerca de metade da dose total (UNSCEAR, 2000).

## 2.2 RADÔNIO $^{222}\text{Rn}$

O radônio ( $^{222}\text{Rn}$ ) é um elemento químico que, nas condições normais de temperatura e pressão, apresenta-se no estado gasoso e é encontrado em rochas cristalinas e sedimentares, solos, minérios e dissolvido na água (AMARAL, 2018).

Esse gás possui meia vida curta de apenas 3,82 dias, sendo foco das preocupações de saúde pública, uma vez que esse tempo é suficiente para contaminar o ar atmosférico e trazer prejuízos à saúde (OLIVEIRA, 2013).

O  $^{222}\text{Rn}$  é formado pelo decaimento radioativo do  $^{226}\text{Ra}$ , um descendente do urânio  $^{238}\text{U}$  que possui meia vida de 1600 anos, o qual é encontrado em quantidades variadas em solos, rochas e águas (REYES, 2009). O  $^{238}\text{U}$  é o primeiro elemento da cadeia de decaimento, sendo chamado de elemento pai, enquanto  $^{222}\text{Rn}$  e  $^{222}\text{Ra}$  são os filhos. A série de decaimento natural do  $^{238}\text{U}$  é apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Série de decaimento natural do  $^{238}\text{U}$ 

Fonte: MAZZILLI *et al.* (2011).

O radônio 222 está presente em pequenas quantidades em quase todos os lugares da Terra, sendo distribuídos no solo, em águas subterrâneas e nos níveis mais baixos da atmosfera (KANDARI *et al.*, 2016).

O  $^{222}\text{Rn}$  é um gás pesado, que se acumula no subsolo e em lençóis freáticos, conseguindo emanar por rachaduras, fissuras e porosidades do solo para atmosfera e se alojar em diversas construções, como residências, edifícios e minas subterrâneas (MAFRA, 2011).

A concentração desse gás varia de acordo com alguns fatores, como posição geográfica, cobertura de gelo no solo, fatores meteorológicos e estação do ano (MAGILL *et al.*, 2005; TAUHATA *et al.*, 2003; KNOLL, 1989; FROELICH, 2010), sendo maior em ambientes internos que nos externos. Em ambientes externos sua concentração é baixa e é diluída facilmente no ar. Entretanto, altas concentrações de  $^{222}\text{Rn}$  em ambientes fechados ou pouco ventilados, são um risco à saúde da população que frequenta ou vive nesses locais (OLIVEIRA, 2013).

Por ser um gás inodoro, insípido e incolor, a presença de  $^{222}\text{Rn}$  em temperatura ambiente só pode ser medida com ajuda de aparelhos específicos capazes de registrar a presença de partículas alfa (DEL CLARO, 2013).

A ingestão de água, bem como a inalação de ar com altos níveis de radônio pode representar um risco direto à saúde da população, causando exposição aos pulmões e estômago (KANDARAI *et al*, 2016). Depois de ser inalado, o radônio deposita-se nos pulmões, especificamente no trato respiratório superior, podendo causar lesões e até mesmo evoluir para o câncer de pulmão (PETTA e CAMPOS, 2013).

Várias organizações internacionais (NRC, 1999; UNSCEAR, 2000; WHO, 2011) relataram que cerca de 90% da dose atribuível a radônio na água potável vem da inalação ao invés da ingestão de água.

O radônio 222 é considerado a segunda causa de câncer de pulmão, após o tabagismo e a primeira causa conhecida de câncer de pulmão em não fumantes, com taxas estimadas em 25 a 30% dos casos em não fumantes (WHO, 2009).

Além disso, o  $^{222}\text{Rn}$  é conhecido como uma das principais causas de desenvolvimento de câncer de pulmão no mundo, sendo classificado pela International Agency for Research on Cancer - IARC como um carcinogênico humano (MAFRA, 2011).

Estudos demonstraram uma ligação direta entre o risco de câncer de pulmão e a concentração de radônio 222 (CATELLINOIS *et al*, 2006; KREUZER, 2015). As primeiras evidências epidemiológicas sobre o risco de câncer de pulmão associado à exposição a esse gás ocorreram através de pesquisas realizadas com mineiros que trabalhavam em regiões subterrâneas onde a concentração  $^{222}\text{Rn}$  são relativamente altas.

Na Tabela 1 é mostrado o risco de morte por câncer de pulmão associado à exposição de radônio 222 de 200 Bq/m<sup>3</sup>, durante uma vida inteira em diferentes populações. Nela, percebe-se que o risco de morte por câncer de pulmão quando ocorre exposição de altas concentrações de  $^{222}\text{Rn}$  na população fumante é bem maior quando comparada a população de não fumantes.

Tabela 1 - Risco de morte por câncer de pulmão associado à exposição de radônio 222 de 200 Bq/m<sup>3</sup>

Fumantes	10-15 %
Não fumantes	1-3 %

Fonte: NRPB (2000).

Além do risco de desenvolvimento de câncer de pulmão, a inalação e a ingestão de elevadas quantidades desse radionuclídeo aumentam o risco de desenvolvimento de câncer de

estômago e de bexiga (KIM *et al.*, 2016). As células-tronco são mais afetadas na garganta e nas paredes do estômago, sendo difundido e interceptado pela mucosa e estrutura vascular do órgão (MAFRA, 2011)

### 2.2.1 Radônio em ambientes de mineração

A mineração é uma das principais atividades industriais que mais contribuem com a liberação de radônio para o meio ambiente (GALHARDI, 2016). Nesses ambientes, grande parte da radiação ionizante é devido à presença de radônio, gás emanado a partir do solo e das rochas. Ao ser inalado, parte do gás radônio irá sofrer decaimento dentro do pulmão, expondo às células da mucosa deste órgão a radiação ionizante (SANTOS, 2015).

Os radioelementos urânio e tório, em termos de concentração de atividade, dependem do tipo do mineral e de sua origem. Assim, todo processamento técnico subterrâneo de minerais resulta na liberação de radionuclídeos de meia-vida longa e curta, principalmente de radônio e sua progênie (SANTOS, 2015).

O urânio e o tório podem ser encontrados na natureza, nos solos, rochas, água e ar. Da mesma forma, o radônio pode ser encontrado nesses materiais. Em ambientes a céu aberto, as concentrações de radônio são baixas. Entretanto, em locais fechados, como ambientes de mineração a exposição ao radônio é maior (FRANCISCA, 2018). Além disso, dependendo das características dos materiais lavrados, ambientes de mineração podem ter concentrações maiores de radônio (FIANCO, 2011).

Muitas mineradoras que não exploram urânio ou tório diretamente, podem gerar exposições importantes aos trabalhadores e população que vive em áreas adjacentes às minas (SPARCOV, 2016).

Em ambientes de mineração, destaca-se a exposição de trabalhadores a agentes físicos e químicos, a exemplo das radiações ionizantes que depende de uma série de fatores, incluindo o tipo de mina, a geologia local e as condições de trabalho (SPACOV, 2016). Essa exposição pode provocar mutações genéticas nos tecidos, sendo a doença mais comum o câncer. Dessa forma, os efeitos na saúde, consequente da exposição à radioatividade entre mineiros, têm sido motivo de preocupação.

Os indivíduos que permanecem nesses locais durante sua jornada de trabalho estão mais susceptíveis a inalar radônio adquirindo um grau de exposição maior. Assim, a probabilidade de ocorrência de doenças relacionadas a esse elemento é mais elevada (FRANCISCA, 2018).

A poluição ocupacional e ambiental na forma de poeiras, fumos, vapores e gases tóxicos são fatores de risco para distúrbios respiratórios em trabalhadores. A prevalência e a gravidade das doenças pulmonares ocupacionais relacionadas à mineração são provenientes do produto básico extraído, da duração e dos níveis de exposição à poluição, assim como de doenças associadas, das condições ambientais e do estilo de vida (BORGES *et al*, 2016).

Dentre as pneumopatias ocupacionais de destaque em mineradores estão a silicose, a asbestose e a pneumoconiose (BORGES *et al*, 2016). Com relação a silicose, essa doença é causada pela inalação de areia que, em sua composição há uma substância chamada sílica ou dióxido de silício, composto formado por oxigênio e silício (MAGALHÃES *et al*, 2020). O quartzo é um dos minerais denominado quimicamente como sílica (SiO<sub>2</sub>), tendo forma cristalina característica (SOUSA e MONTEIRO, 2019).

Téran (2010) afirma que esse produto é muito nocivo ao tecido pulmonar, devido a sua capacidade de gerar fibrose tecidual e ao passar dos anos, causar perda da funcionalidade do órgão, proporcionando o aumento de risco de câncer pulmonar e gástrico (INCA, 2021). A sílica é um dos principais agentes ocupacionais relacionados ao câncer de pulmão, sendo classificada pela Agência Internacional para Pesquisa em Câncer (IARC) como substância carcinogênica para humanos, desde 1996 (CARNEIRO *et al*, 2002).

Além disso, um estudo desenvolvido por González *et al* (1991), mostra um aumento no risco de câncer gástrico relacionado a exposições ocupacionais a poeiras. Essas partículas de poeira migram para fora dos pulmões por meio de movimentos das mucosas e a interação entre o pó e o ambiente ácido do estômago podem causar risco elevado de câncer gástrico em mineradores (VERÍSSIMO *et al*, 2013).

Além do câncer gástrico, pesquisas nacionais mostram que trabalhadores de mineração, por apresentarem elevada exposição a produtos de decaimento natural, possuem grande risco para câncer de pulmão (DANTAS *et al*, 2007; VEIGA *et al*, 2007).

### 2.3 NORMAS REGULAMENTADORAS RELACIONADAS À ATIVIDADE DE MINERAÇÃO

A atividade de mineração possui grande importância socioeconômica, entretanto provoca degradação ambiental e riscos potenciais para a saúde de trabalhadores (VASCONCELOS *et al*, 2013). Dessa forma, é importante reconhecer os riscos em ambientes de mineração de modo a assegurar a higiene e segurança dos mineradores.

No Brasil, o Ministério do Trabalho e Emprego dispõe ao total de 36 Normas Regulamentadoras (NR), sendo uma delas, a NR-22, específica para mineração. Essa NR evidencia as responsabilidades das empresas de mineração e dos trabalhadores, bem como seus direitos (BRASIL, 2021a).

A NR-22: *Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração* apresenta requisitos para o desenvolvimento da atividade mineira buscando permanentemente a segurança e saúde dos trabalhadores. Para isso, determina a elaboração do Programa de Gerenciamento de Risco (PGR) e implementação do Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO), obrigando as empresas do setor de mineração a agirem de modo preventivo, garantindo, assim, a saúde e a segurança dos trabalhadores (SANTOS *et al*, 2017).

O PGR deve incluir as seguintes etapas: a) antecipação e identificação de fatores de risco, levando-se em conta, inclusive, as informações do Mapa de Risco elaborado pela CIPAMIN, quando houver; b) avaliação dos fatores de risco e da exposição dos trabalhadores; c) estabelecimento de prioridades, metas e cronograma; d) acompanhamento das medidas de controle implementadas; e) monitorização da exposição aos fatores de riscos; f) registro e manutenção dos dados por, no mínimo, vinte anos e g) avaliação periódica do programa (BRASIL, 2021a).

A NR-7: *Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional* apresenta a obrigatoriedade de elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO, com o objetivo de promoção e preservação da saúde do conjunto dos seus trabalhadores (BRASIL, 2021c).

Além de exigir a elaboração dos programas (PGR e PCMSO), a NR - 22 estabelece que as empresas devem fornecer equipamentos de proteção individual de uso obrigatório adequado ao risco, em perfeito estado, observando-se no mínimo o constante na NR – 6 (Equipamento de Proteção Individual), uma vez que dispor de EPIs adequados a atividade garimpeira é fundamental para amenizar eventuais riscos no ambiente de trabalho (BRASIL, 2021a).

A NR – 6 regulamenta a execução do trabalho com uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), estabelecendo a lista de equipamentos de uso obrigatório para trabalhadores e suas respectivas funções que está apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 - Equipamentos de Proteção Individual estabelecidos na NR - 6

EPI para proteção da cabeça	Capacete Capuz ou balaclava
EPI para proteção dos olhos e face	Óculos Protetor facial Máscara de solda
EPI para proteção auditiva	Protetor auditivo
EPI para proteção respiratória	Respirador purificador de ar não motorizado Respirador purificador de ar motorizado Respirador de adução de ar tipo linha de ar comprimido Respirador de adução de ar tipo máscara autônoma
EPI para proteção do tronco	Vestimentas
EPI para proteção dos membros superiores	Luvas Creme Protetor Manga Braçadeira Dedeira
EPI para proteção dos membros inferiores	Calçado Meia Perneira Calça
EPI para proteção do corpo inteiro	Macacão Vestimenta de corpo inteiro
EPI para proteção contra quedas com diferença de nível	Cinturão de segurança com dispositivo trava-queda Cinturão de segurança com dispositivo talabarte

Fonte: BRASIL (2021b).

Dessa forma, sendo a atividade mineradora propensa ao surgimento de riscos e doenças aos trabalhadores, é necessário que empresas de mineração forneçam equipamentos de proteção individual para preservação da saúde de seus funcionários e cumpram as normas regulamentadoras estabelecidas pelo MTE.

#### 2.4 MINERAÇÃO NO SERIDÓ PARAIBANO

A microrregião de Seridó Oriental, que compreende nove municípios do Estado da Paraíba, durante décadas foi berço da atividade garimpeira, movimentando a economia local (ARAÚJO e FONSECA, 2017). Nessa microrregião estão localizados os municípios de Baraúna, Frei Martinho, Nova Palmeira, Pedra Lavrada e Picuí.

A Província Pegmatítica da Borborema (PPB), onde situa-se o Seridó Paraibano, apresenta uma litologia predominantemente associada à Faixa Seridó, caracterizada como um sistema de dobramentos constituído por zonas geoanticlinais e geosinclinais embasadas por rochas graníticas e migmatíticas com ocorrência de granitóides de forma descontínua (SOUZA, 2016).

O clima nos municípios da região se apresenta de maneira desfavorável para o desenvolvimento de outras formas de sustento, como a agricultura tradicional, e existe uma variedade de minerais para os mais diversos fins comerciais (ARAÚJO e FONSECA, 2017).

Em virtude do contexto geológico em que esses municípios estão inseridos, as atividades ligadas à mineração constituem-se como uma das principais fontes de renda da região (SOUZA, 2016). Dessa forma, o garimpo tornou-se uma opção para a sobrevivência dos habitantes.

A formação geológica da região apresenta vários tipos de minerais como: Columbita, Mica, Feldspato, Berílio, Caulim, Calcário, Calcedônia, a Tentalita, Albita, Albita-prego, Quartzo róseo e branco, Granitos, Urânio, entre outros (SOUZA e SOBRINHO, 2013). Por apresentar urânio, é de fundamental importância o estudo da região.

Essa formação geológica coincide com alguns elementos rochosos encontrados em municípios brasileiros que já identificaram contaminação através de radiação natural, como leucossomas graníticas e pegmatíticas, apontados através da literatura como indicadores de presença de radônio 222 (CPRM, 2002).

Na faixa territorial que dá continuidade ao Seridó Paraibano, conhecido como Seridó Potiguar, existem registros de estudos constatando a contaminação de água e do ar por radiação natural, mais precisamente nos municípios de Natal, Parelhas e Lucrécia (MARCON *et al*, 2017; CHAVES *et al*, 2016).

No estudo de Marcon *et al* (2017), foram observadas altas concentrações de radônio 222 no ar em casas localizadas em Natal e Lucrécia. Mais precisamente em Lucrécia, 97% das casas avaliadas apresentaram valores superiores ao valor de referência considerado de 100 Bq/m<sup>3</sup> estabelecido pela OMS (Organização Mundial da Saúde).

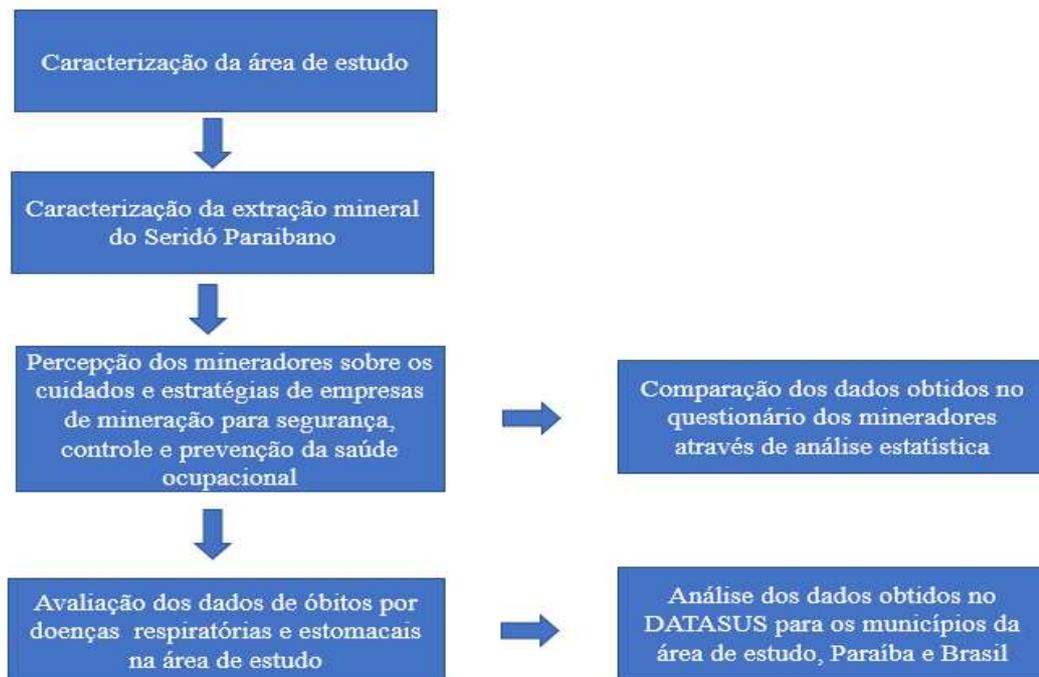
Chaves *et al* (2016), por sua vez, encontrou altas doses de radioatividade em um dos corpos hídricos utilizados como fonte de abastecimento do município de Parelhas, no Rio Grande de Norte. Dessa forma, a população da região está sujeita a potenciais riscos devido à radiação natural.

Além disso, os dados relacionados aos números de óbitos por câncer de pulmão e estômago, bem como de demais doenças respiratórias e estomacais, nos municípios do Seridó Paraibano, são preocupantes.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia foi dividida em etapas que compreenderam: (1) caracterização da área de estudo; (2) caracterização da atividade de extração mineral no Seridó Oriental Paraibano; (3) percepção dos mineradores sobre cuidados e estratégias de empresas de mineração para segurança, controle e prevenção da saúde ocupacional; (4) avaliação dos dados de óbitos por doenças respiratórias e estomacais na área de estudo; (5) comparação dos dados obtidos no questionário de mineradores através de análise estatística. A Figura 4 esquematiza a metodologia adotada para a concepção do trabalho.

Figura 4: Fluxograma utilizado na metodologia de estudo



Fonte: A autora (2021).

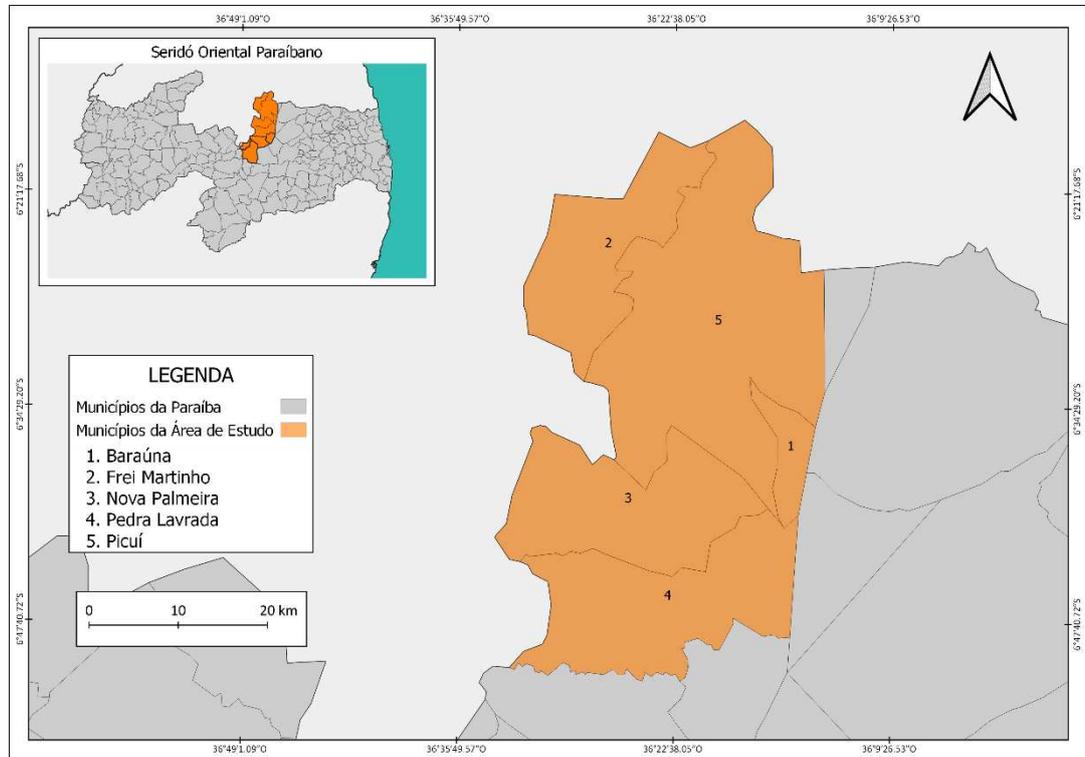
#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A microrregião do Seridó, localizada no Nordeste brasileiro, se divide em Ocidental e Oriental. Os limites do Seridó configuram-se num território de forma pentagonal, com área de 14.000 km<sup>2</sup>, demarcando municípios dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte (DANTAS *et al*, 2016).

O Seridó Oriental Paraibano é composto por nove municípios. São eles: Baraúna, Cubati, Frei Martinho, Juazeirinho, Nova Palmeira, Pedra Lavrada, Picuí, São Vicente do

Seridó e Tenório (IBGE, 1990). Na Figura 5, é apresentado o mapa do Seridó Oriental Paraibano e os municípios em estudo.

Figura 5 - Seridó Oriental Paraibano e municípios em estudo



Fonte: A autora (2021).

Para o presente trabalho, a área de estudo está limitada aos municípios de Baraúna, Frei Martinho, Nova Palmeira, Pedra Lavrada e Picuí que possuem diversos garimpos em operação. Os dados relacionados às características socioeconômicas desses municípios no ano de 2020 estão contidos na Tabela 2.

Tabela 2 - Características socioeconômicas dos municípios

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO (Habitantes)	IDH	PIB per capita/ano
Baraúna	4.964	0,558	R\$ 8.223,81
Frei Martinho	2.989	0,641	R\$ 8.804,04
Nova Palmeira	4.959	0,595	R\$ 8.027,41
Pedra Lavrada	7.899	0,574	R\$ 8.473,63
Picuí	18.720	0,608	R\$ 9.421,29

Fonte: IBGE (2020).

Os municípios citados acima estão inseridos na bacia hidrográfica do Rio Piranhas, sub-bacia do Rio Seridó. A Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas possui uma área total de drenagem de 43.681,50 Km<sup>2</sup>. Desses, 26.183,00 Km<sup>2</sup> correspondem a 60% da área no Estado da Paraíba e 17.498,50 Km<sup>2</sup> correspondem a 40% da área no Estado do Rio Grande do Norte (AESAs, 2020).

Com relação aos corpos hídricos da região, de acordo com o CPRM (2005), todos possuem regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é dendrítico. Na Tabela 3 são apresentados os principais efluentes e as principais atividades econômicas dos municípios em estudo.

Tabela 3 - Principais efluentes e atividades econômicas dos municípios avaliados

MUNICÍPIO	PRINCIPAIS EFLUENTES	ATIVIDADES ECONÔMICAS		
		Primárias	Secundárias	Terciárias
Baraúna	Lagoa de Jurema	50 – 75%	20-40%	5 – 25%
Frei Martinho	Rio Picuí	25-50%	20-40%	5-25%
Nova Palmeira	Rio Passagem Rio Vazante	50 – 75%	5-25%	0 – 10%
Pedra Lavrada	Rio Seridó	50-75%	20 – 40%	5 – 25%
Picuí	Rio Letreiro	50 – 75%	20 – 40%	5 – 25%
	Rio Picuí Rio da Passagem			

Fonte: CPRM (2005).

Ao analisar a economia dos municípios em estudo, presente na Tabela 3, percebe-se que o setor primário, correspondente às atividades ligadas a mineração e a agricultura, é predominante. Em seguida, destacam-se as atividades secundárias, referentes a indústrias e em menor proporção tem-se as atividades terciárias relacionadas a venda de serviços e bens materiais.

Quanto ao clima, o Seridó Paraibano está localizado no bioma caatinga e possui um clima quente e seco com níveis de pluviosidade baixos, com precipitação média anual de 800 mm. Além disso, os solos da região são de baixa fertilidade, limitando as atividades agrícolas (DANTAS, 2017).

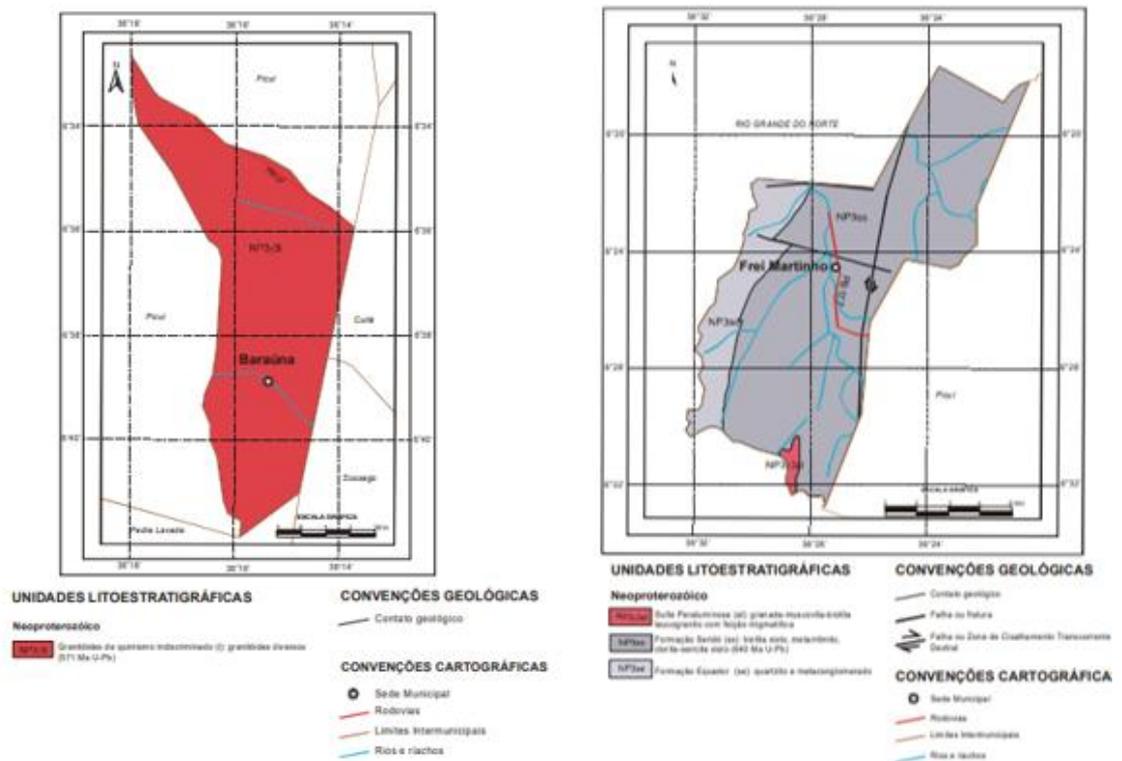
Essa região é constituída por rochas graníticas e migmatíticas com ocorrência de granitóides de forma descontínua (SOUZA, 2016). Sabe-se que rochas graníticas são umas das principais fontes de urânio, que conseqüentemente, gera a emissão do radônio 222

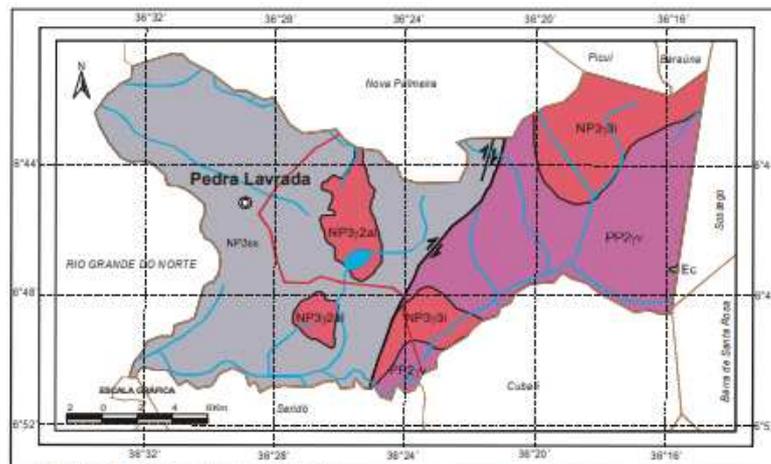
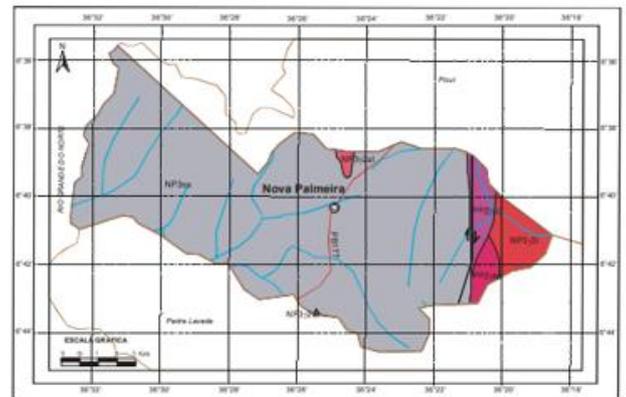
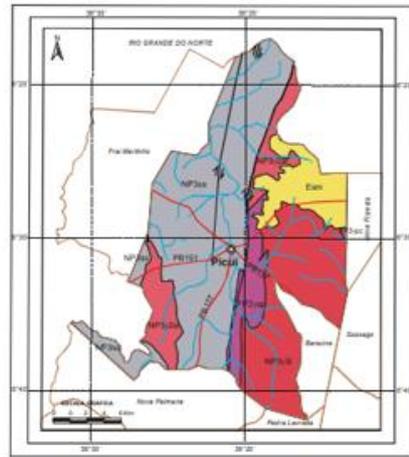
(GRISMINO, 2019). Assim, os municípios em estudo estão localizados em uma área que contém uma maior probabilidade de possuir altas concentrações de radônio 222.

A formação geológica da região do Seridó Oriental Paraibano apresenta rochas ígneas ou metamórficas, estrutura caracterizada pelo predomínio do embasamento cristalino (SOUZA e SOBRINHO, 2013).

Na Figura 6 estão ilustrados os mapas geológicos de Baraúna, Frei Martinho, Picuí, Nova Palmeira e Pedra Lavrada, respectivamente.

Figura 6 - Mapa geológico dos municípios Baraúna, Frei Martinho, Nova Palmeira, Pedra Lavrada e Picuí /PB





Fonte: CPRM (2005).

Ao analisar os mapas geológicos dos municípios em estudo, percebe-se semelhanças nas unidades litoestratigráficas na era do neoproterozóico, onde há uma predominância de

chumbo e urânio na geologia. Como o radônio é descendente do urânio, através do decaimento radioativo, esses municípios encontram-se sujeitos a presença de radônio 222.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE DE EXTRAÇÃO MINERAL NO SERIDÓ ORIENTAL PARAIBANO

A caracterização da atividade de extração mineral nos municípios do Seridó Paraibano foi realizada através de revisões bibliográficas.

De acordo com o projeto de Desenvolvimento da Pequena Mineração do Seridó Paraibano, no Âmbito do APL - Pegmatitos e Quartzitos (2010), a mineração nessa região é definida como garimpagem desordenada, em que não há planejamento prévio e conhecimento preciso da qualidade e quantidade das reservas minerais.

A mineração consiste basicamente de três etapas. A primeira delas, é a extração mineral que pode ser feita com escavadeiras, tratores que raspam as rochas ou explosivos, quando o minério se encontra longe da superfície. A segunda etapa é o beneficiamento do material adquirido nas minas, realizado nas empresas de mineração. No beneficiamento é feito o aperfeiçoamento do mineral, em função da granulometria e concentração, através de mecanismos químicos e físicos. Essa etapa é uma das mais importantes do processo, tendo em vista que ela define o material que será lançado no mercado. Apenas após o beneficiamento, ocorre a terceira e última etapa, a comercialização do mineral, que são destinados para vários locais do Brasil e do mundo (MAIA *et al*, 2019).

Nos garimpos do Seridó Paraibano, as técnicas de extração são rudimentares e executadas sem orientação de um profissional especializado na área e a lavra é desenvolvida através de escavações a céu aberto e/ou escavações subterrâneas em frentes de lavra denominadas de banquetas (VIERA *et al*, 2016).

Segundo Viera *et al* (2016), a lavra dos depósitos de pegmatitos, como os ricos em feldspato, quartzo e mica, são realizadas de forma mecanizada e normalmente, ocorrem a céu aberto. O minério lavrado é então processado em unidades de beneficiamento que normalmente, pertencem às cooperativas de mineradores/garimpeiros. Nessas unidades, são realizados diversos tipos de beneficiamento do mineral. Entre os mais comuns, destaca-se a lavagem, moagem, peneiramento e britagem.

De acordo com Maia *et al* (2019), a lavagem é um dos primeiros processos a serem utilizados nos beneficiamentos de minerais e seu objetivo é a retirada de sedimentos indesejáveis de um tanque para outro. A moagem é utilizada para obter um material de

granulometria específica, geralmente menor do que o que se obteve na extração, sendo realizada nas últimas etapas do beneficiamento.

O peneiramento é utilizado para classificar os materiais em função do tamanho granulométricos, com base no material passante nas peneiras. Já a secagem, possibilita a expulsão da umidade presente nos minerais (MAIA *et al*, 2019).

### 3.3 PERCEPÇÃO DOS MINERADORES SOBRE OS CUIDADOS E ESTRATÉGIAS DE EMPRESAS DE MINERAÇÃO PARA SEGURANÇA, CONTROLE E PREVENÇÃO DA SAÚDE OCUPACIONAL

Para identificar a percepção dos mineradores sobre os cuidados e estratégias de empresas de mineração relacionadas à segurança, controle e prevenção da saúde ocupacional no Seridó Paraibano, foram elaborados dois questionários que estão apresentados nos Apêndices A e B. O primeiro questionário tem como público-alvo os mineradores/garimpeiros e o segundo questionário, as empresas de mineração do Seridó Oriental.

Para análise dos cuidados e estratégias das empresas de mineração, as perguntas estão relacionadas à disponibilização ou não de EPIs (Equipamentos de proteção individual) pelas empresas aos mineradores, a recomendações diversas, como ingestão de água e uso de medicamentos preventivos e a existência ou não de algum tipo de programa de ações, visando a preservação da saúde ocupacional.

Além disso, deseja-se saber se o garimpeiro entrevistado já contraiu alguma neoplasia, como câncer de pulmão, estômago e leucemia ou enfermidades respiratórias e estomacais que apresentam relação direta com a atividade mineradora. Estas neoplasias e doenças gástricas e respiratórias podem ser decorrentes ou não da inalação ou ingestão do radônio 222.

Ambos os questionários foram desenvolvidos em plataforma online, através do Google Forms. Para o questionário cujo público-alvo são mineradores, foi necessário também o auxílio das Cooperativas dos municípios para aplicação dos mesmos junto aos cooperados, em virtude da dificuldade que muitos dos mineradores apresentaram para responder via internet. As cooperativas que auxiliaram na aplicação dos questionários estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Cooperativas dos municípios do Seridó Oriental Paraibano

COOPERATIVA	MUNICÍPIO	ANO DE FORMAÇÃO	PRESIDENTE
Cooperativa dos mineradores de Picuí - COOPICUÍ	Picuí	2011	Antônio Henriques
Cooperativa de garimpeiros de Nova Palmeira - COOGARIMPO	Nova Palmeira	2007	Ruthinea Dilenna
Cooperativa de pequenos mineradores de Pedra Lavrada – COOMIPEL	Pedra Lavrada	2005	José Júnior Souto

Fonte: A autora (2021).

Nas cooperativas de Picuí e Pedra Lavrada, COOPICUÍ e COOMIPEL, os presidentes imprimiram os questionários e aplicaram com os cooperados. No município de Frei Martinho, a cooperativa está desativada, então o contato com os mineradores foi feito através do ex-presidente da cooperativa, Francivaldo Santos de Araújo. O município de Baraúna, por sua vez, não possui cooperativa e tentou-se contato com a prefeitura do município, mas não se obteve êxito.

Ao fazer contato com os presidentes das cooperativas mencionadas, constatou-se que a grande parte da atividade mineradora na região é feita de forma ilegal. Dessa forma, foi feito um levantamento de todas as empresas ativas nos municípios avaliados. As empresas de mineração e seus respectivos municípios estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Empresas de mineração no Seridó Paraibano

EMPRESA	MUNICÍPIO
Mineração Florentino LTDA	Pedra Lavrada
Cristal Mineração e Extração LTDA	Picuí
VON ROLL Mineração	Nova Palmeira

Fonte: A autora (2021).

Através do levantamento de empresas de mineração, tentou-se contato com as mesmas que estão apresentadas no Quadro 3, mas não se obteve êxito utilizando os telefones disponibilizados na internet com as empresas VON ROLL Mineração e Mineração Florentino LTDA.

Como a quantidade de empresas registradas legalmente na região do Seridó Paraibano é pequena e em virtude da dificuldade de contato com as empresas em que se realizou o

levantamento, foi solicitado aos presidentes das cooperativas que respondessem ao questionário, uma vez que as mesmas são responsáveis pela preservação da saúde de seus associados. Apenas as cooperativas de Picuí e Nova Palmeira responderam ao questionário.

### 3.4 AVALIAÇÃO DOS DADOS DE ÓBITOS POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS E ESTOMACAIS NA ÁREA DE ESTUDO

Em virtude da quantidade de doenças relacionadas à mineração e a exposição dos trabalhadores ao radônio é importante fazer um levantamento de dados de doenças respiratórias e estomacais nos municípios em que a atividade de mineração é intensa.

Assim, o levantamento de dados de óbitos por doenças respiratórias e estomacais que possam apresentar relação com a atividade mineradora foi realizado através do TabNet - DATASUS (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde) por um período de 10 anos (2009 a 2018), nesses municípios. Os dados estão apresentados no Apêndice C e serão avaliados os óbitos por neoplasias malignas dos órgãos digestivos, neoplasias malignas do aparelho respiratório, doenças respiratórias e doenças digestivas, através da comparação das taxas de incidência de óbitos nos municípios, Paraíba e Brasil.

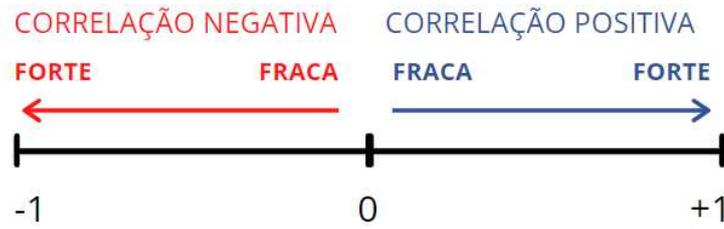
### 3.5 COMPARAÇÃO DE DADOS OBTIDOS NO QUESTIONÁRIO DOS MINERADORES ATRAVÉS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA

Através dos dados obtidos no questionário dos mineradores foi feita uma comparação das informações mediante análise estatística. Por meio da análise, determinou-se a correlação entre a taxa de adoecimento por doenças respiratórias e gástricas e ao uso de EPIs e número de horas trabalhadas diariamente pelos garimpeiros.

O método utilizado foi o de correlação de Pearson, também conhecido como coeficiente de correlação produto-momento ou  $r$  de Pearson, que mede o grau de correlação linear entre duas variáveis quantitativas (OPERDATA, 2020). Para o método, considerou-se o software XLSTAT que é um complemento de análise de dados do Excel (XLSTAT, 2021).

O coeficiente adimensional situa-se entre os valores  $-1$  e  $+1$  e reflete a intensidade da relação linear entre dois conjuntos. Quando o coeficiente se aproxima de  $-1$ , pode-se dizer que as variáveis são correlacionadas, mas isso ocorre quando o valor de uma variável aumenta e o da outra diminui e nesse caso, tem-se uma correlação negativa ou inversa, assim como ilustrado na Figura 7 (OPERDATA, 2020).

Figura 7 - Coeficiente de correlação de Pearson



Fonte: Adaptado de OPERDATA (2020).

Além do coeficiente de correlação, o software XLSTAT fornece o valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que é uma medida da proporção da variabilidade em uma variável que é explicada pela variabilidade da outra (UFPR, 2006).

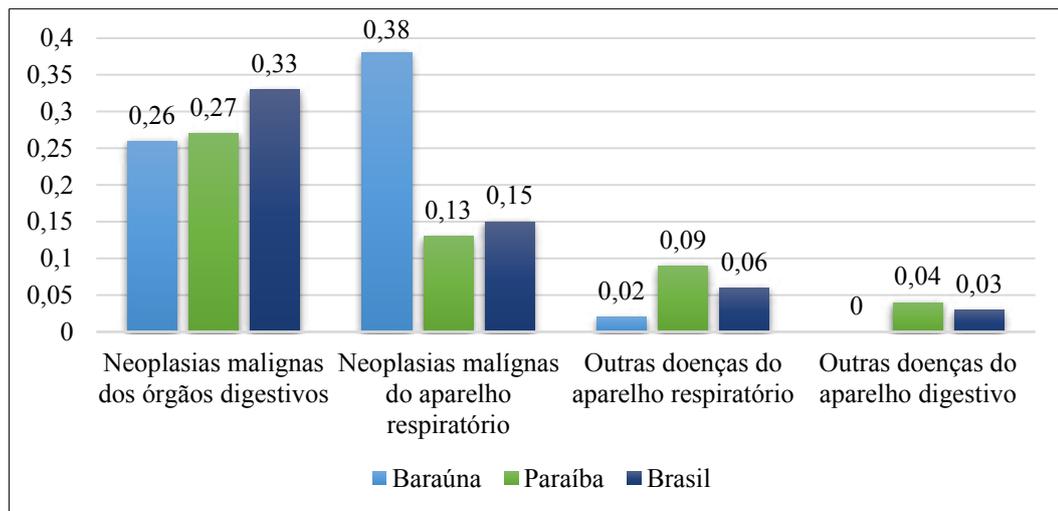
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DE ÓBITOS DO TABNET – DATASUS

Nas Figuras 8 a 12 estão ilustradas as taxas de incidências de óbitos por neoplasias malignas e demais doenças respiratórias e estomacais nos municípios em estudo, na Paraíba e no Brasil. Os dados foram extraídos do TabNet – DATASUS no período de 2009 a 2018.

Apesar de não ter sido obtido respostas de mineradores do município de Baraúna, o mesmo apresenta taxa de incidência de câncer de estômago bem próxima da taxa do Estado da Paraíba, como observa-se na Figura 8. Contudo, a taxa de incidência de óbitos por câncer de pulmão no município é 3 vezes maior do que a mesma taxa para Paraíba e cerca de 2,5 vezes maior do que a taxa para o Brasil. Dessa forma, o município apresenta dados preocupantes em relação a doenças relacionadas ao radônio 222.

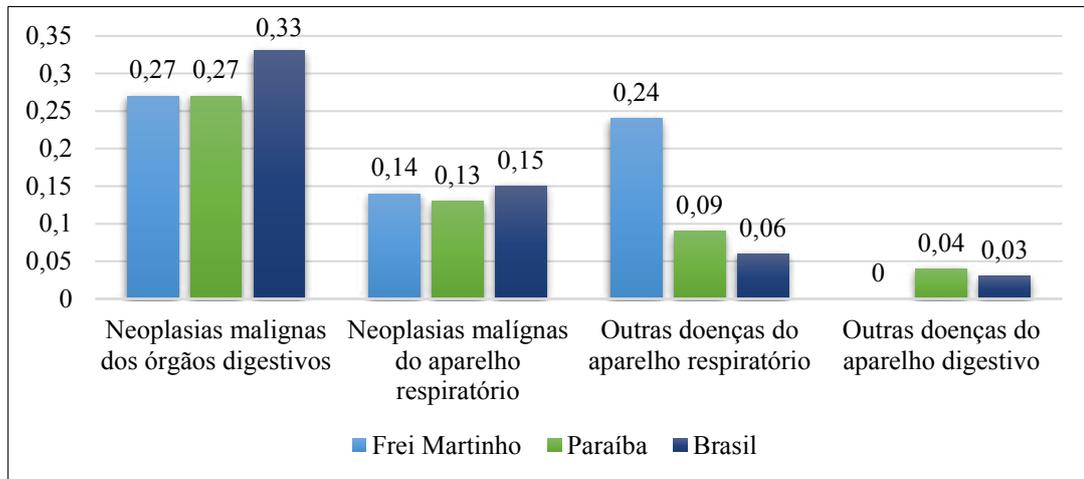
Figura 8 - Taxa de incidência de óbitos por neoplasias malignas e demais doenças em Baraúna, na Paraíba e no Brasil



Fonte: A autora (2021).

O município de Frei Martinho apresenta taxa de incidência de óbitos por câncer de pulmão 7,7% maior do que para o Estado da Paraíba e a taxa de óbitos por doenças do aparelho respiratório é 2,7 e 4 vezes maior do que para Paraíba e Brasil, respectivamente (Figura 9).

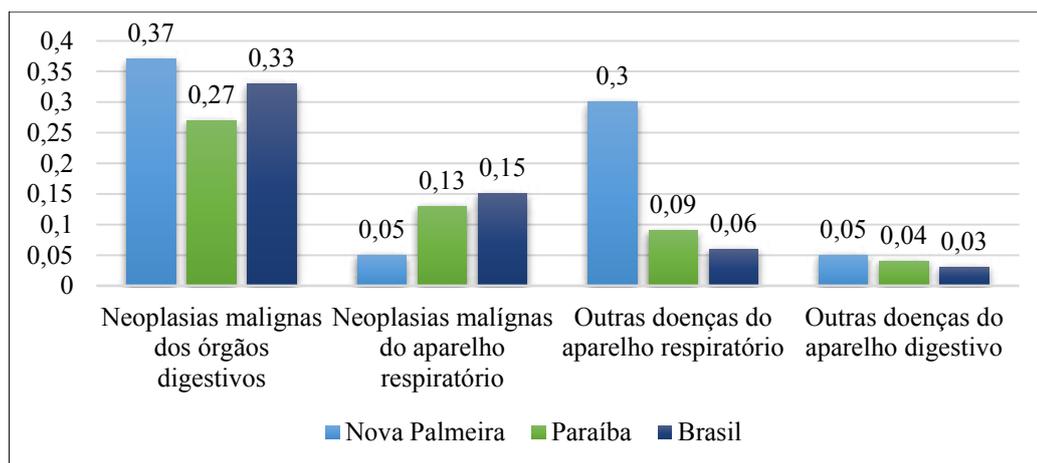
Figura 9 - Taxa de incidência de óbitos por neoplasias malignas e demais doenças em Frei Martinho, na Paraíba e no Brasil



Fonte: A autora (2021).

Através da Figura 10, percebe-se que o município de Nova Palmeira apresenta taxa de incidência de óbitos por neoplasias malignas dos órgãos digestivos 37% maior do que a mesma taxa para o Estado da Paraíba e cerca de 10% maior do que a taxa para o Brasil. A taxa de incidência de óbitos por outras doenças do aparelho respiratório é 3,3 e 5 vezes maior do que para Paraíba e Brasil, respectivamente.

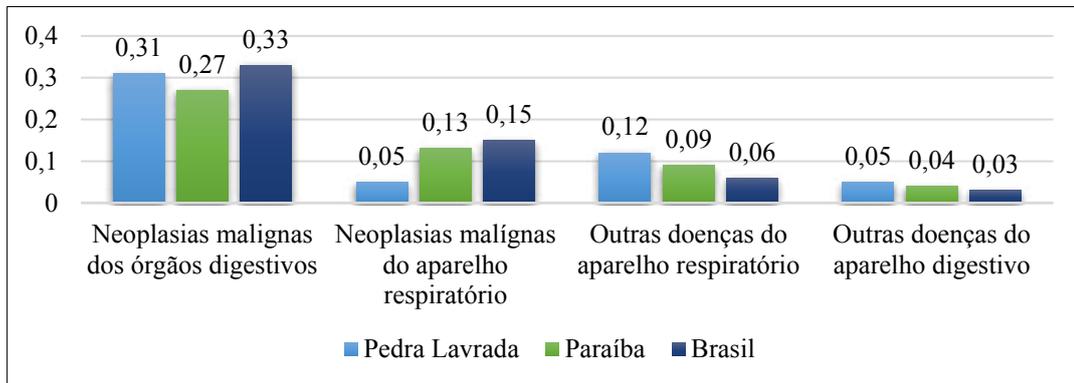
Figura 10 - Taxa de incidência de óbitos por neoplasias malignas e demais doenças em Nova Palmeira, na Paraíba e no Brasil



Fonte: A autora (2021).

O município de Pedra Lavrada apresenta taxa de incidência de óbitos por câncer de estômago cerca de 15% maior que a mesma taxa para o Estado da Paraíba. Além disso, a taxa de incidência de óbitos por outras doenças do aparelho respiratório é 2 vezes maior do que a mesma taxa para o Brasil (Figura 11).

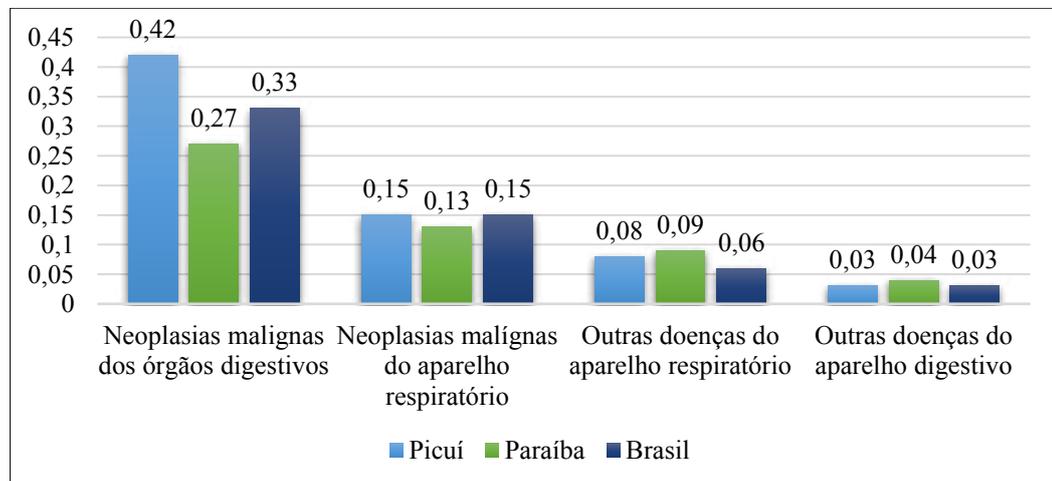
Figura 11 - Taxa de incidência de óbitos por neoplasias malignas e outras doenças em Pedra Lavrada, na Paraíba e no Brasil



Fonte: A autora (2021).

Em relação ao município de Picuí, o mesmo apresenta taxa de incidência de óbitos por câncer de estômago cerca de 60% maior do que a taxa para o Estado da Paraíba e 27% maior do que a taxa para o Brasil (Figura 12). Já a taxa de incidência para câncer de pulmão é igual para o Brasil e 15,4% maior do que a mesma taxa para Paraíba.

Figura 12 - Taxa de incidência de óbitos por neoplasias malignas e outras doenças em Picuí, na Paraíba e no Brasil



Fonte: A autora (2021).

Os municípios em estudo apresentam valores de óbitos por doenças no aparelho respiratório, câncer de pulmão e de estômago, em média cerca de duas vezes maiores do que as taxas Estadual e Nacional. Conseqüentemente, os mineradores desses municípios estão expostos a diversos agentes físicos e químicos, como poeiras e radiação, que podem contribuir para o desenvolvimento de doenças pulmonares e gástricas.

Municípios próximos à área de estudo, mais precisamente Lucrécia e Parelhas, localizados no Rio Grande do Norte, apresentam taxas de câncer anormalmente altas e apresentam altas concentrações de radônio 222, de acordo com estudos de Campos *et al* (2013) e Medeiros (2020). Esses municípios apresentam geologia constituída por rochas metamórficas graníticas, semelhantes a formação geológica de Baraúnas, Frei Martinho, Nova Palmeira, Pedra Lavrada e Picuí.

#### 4.2 INFLUÊNCIA DA JORNADA DE TRABALHO DOS MINERADORES EM RELAÇÃO AO DESENVOLVIMENTO DE DOENÇAS GÁSTRICAS E RESPIRATÓRIAS

Foram obtidas 62 respostas no questionário cujo público-alvo são os mineradores dos municípios avaliados. Dentre as respostas obtidas, 45,16% dos mineradores são residentes do município de Picuí, 30,6% de Frei Martinho, 21% de Pedra Lavrada e apenas 3,2% de Nova Palmeira.

Os materiais mais extraídos nos ambientes de mineração, segundo respostas dos mineradores, são feldspato, mica, quartzo róseo e branco, granito e colombitas. Dentre esses, o granito por ser constituído de sílica pode comprometer a saúde dos mineradores devido a inalação desse material (CARNEIRO *et al*, 2002). Em relação aos demais, não há comprovação científica que os mesmos estejam diretamente relacionados a doenças respiratórias ou gástricas.

A forma de extração utilizada nos garimpos é superficial e/ou subterrânea, sendo 66% superficial e 34% subterrânea. Apesar da extração superficial ser predominante, a subterrânea também é considerável, sendo superior a 30%, o que pode proporcionar o aumento de doenças respiratórias, como silicose e câncer de pulmão, devido a possibilidade de existir grande quantidade de poeiras e gases dispersos no ar (SANTOS *et al*, 2017).

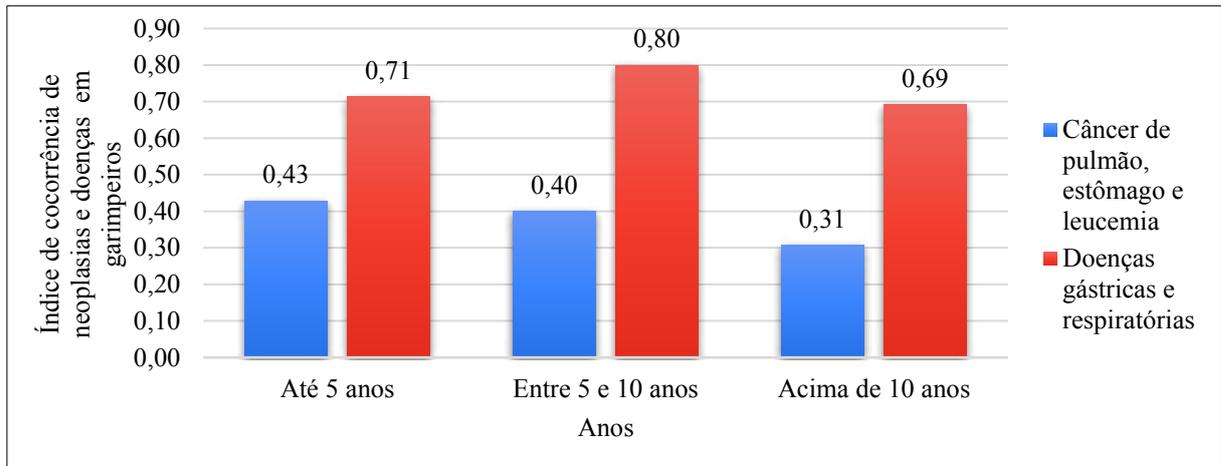
As informações relacionadas ao tempo de trabalho na mineração e ao número de horas trabalhadas diariamente pelos mineradores que responderam ao questionário estão contidas na Tabela 4, Figura 13 e 14.

Tabela 4 - Informações relacionadas ao tempo e número de horas diárias trabalhadas na mineração

INFORMAÇÃO	MÉDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
Tempo de trabalho como minerador	7,79 anos	6 anos	6,1 anos
Número de horas trabalhadas no garimpo	8,68 horas	8 horas	1,62 horas

Fonte: A autora (2021).

Figura 13 - Desenvolvimento de doenças relacionadas ao tempo de serviço na mineração

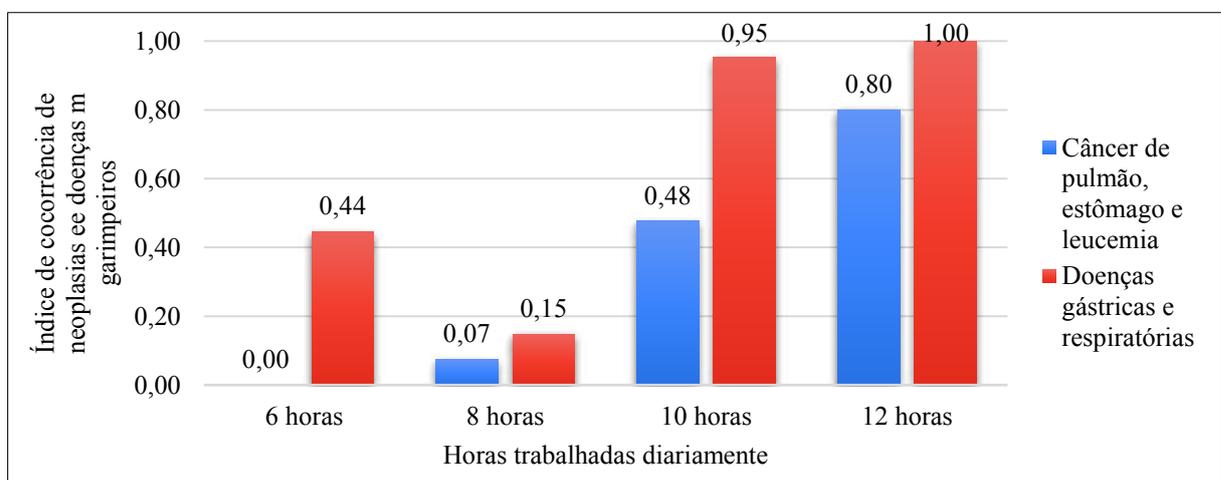


Fonte: A autora (2021).

No que se refere aos dados de desenvolvimento de doenças relacionadas ao tempo de serviço como minerador apresentados na Figura 13, observa-se que doenças gástricas e respiratórias, a exemplo de gastrites, úlceras e silicose, representam percentuais para todos os grupos, bem elevados, da ordem de 70%.

Entretanto, esperava-se que os trabalhadores com mais tempo de serviço (acima de 10 anos) apresentassem um percentual de câncer e doenças gástricas e respiratórias mais elevado do que para o grupo que possui tempo menor a este, pois quanto maior a quantidade de anos trabalhados, mais expostos os mineradores estão a riscos provenientes da atividade de extração mineral. Segundo Vasconcelos *et al* (2013), o tempo de exposição à riscos é capaz de causar danos à saúde do trabalhador.

Figura 14 - Desenvolvimento de doenças relacionadas ao número de horas diárias trabalhadas na mineração

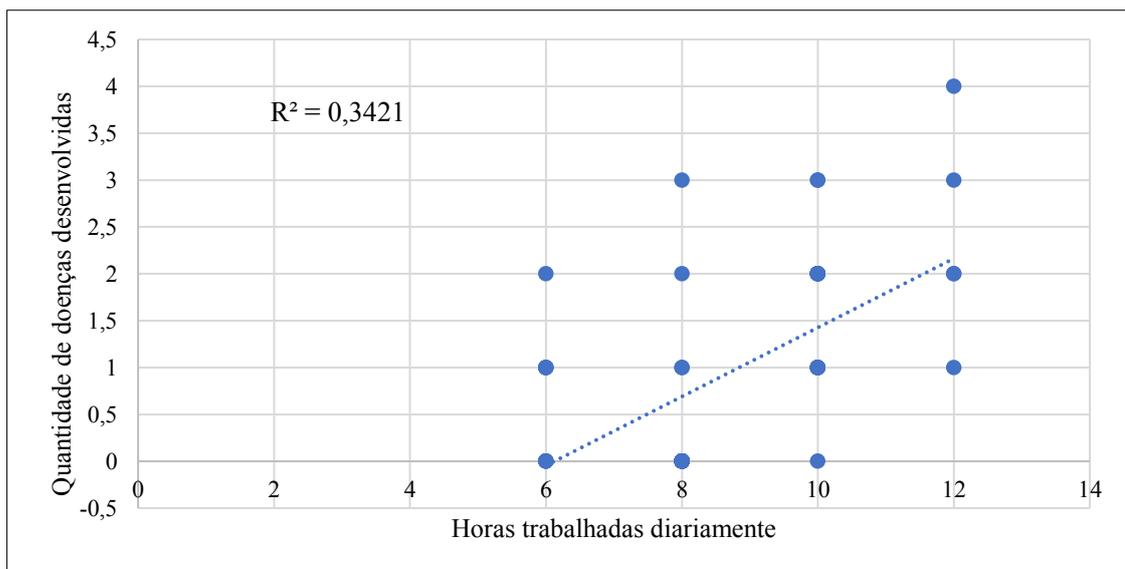


Fonte: A autora (2021).

Com relação aos dados de desenvolvimento de doenças relacionadas ao número de horas diárias trabalhadas na mineração, contidos na Figura 14, percebe-se que à medida que o número de horas de serviço aumenta, há uma tendência de desenvolvimento de neoplasias, como câncer de pulmão, estômago e leucemia, em mineradores. Entre os que possuem jornada de trabalho de 10 e 12 horas, 95% e 100%, respectivamente, desenvolveram doenças gástricas e respiratórias.

Através do software XLSTAT foi realizado uma análise de correlação entre o número de horas trabalhadas diariamente e a quantidade de doenças estomacais e gástricas nos mineradores que responderam ao questionário, sendo estabelecido um nível de significância de 5%. Na Figura 15 está apresentado o gráfico de dispersão.

Figura 15 - Gráfico de dispersão entre a quantidade de horas trabalhadas diariamente e o número de doenças desenvolvidas pelos mineradores



Fonte: A autora (2021).

Ao aplicar o teste, obteve-se um coeficiente de correlação de  $\rho = 0,585$  e um coeficiente de determinação de  $R^2 = 0,342$ . O resultado indica uma moderada correlação positiva e que 34,2% das doenças desenvolvidas pelos mineradores pode ser explicada pela jornada de trabalho. Dessa forma, entende-se que quanto maior o número de horas trabalhadas, maiores são as chances de desenvolvimento de doenças ocupacionais.

De acordo com as respostas obtidas no questionário, observou-se que apenas 24% dos mineradores que trabalham em minas subterrâneas apresentaram números de horas trabalhadas dentro do permitido pelo Art. 293 da Consolidação das Leis de Trabalho (CLT) que é de 6 horas

diárias ou 36 horas semanais (BRASIL, 2021d). Assim, os mineradores ficam expostos a diversos riscos físicos e químicos por um tempo maior do que o recomendado pela Lei.

#### 4.3 AVALIAÇÃO DAS AÇÕES ADOTADAS POR EMPRESAS MINERADORAS COM RELAÇÃO A SEGURANÇA E SAÚDE DOS GARIMPEIROS

Através do levantamento realizado e após o contato com as empresas de mineração, foi solicitado que as mesmas respondessem ao questionário apresentado no Apêndice B. Ao total foram respondidos quatro questionários. As empresas e suas respectivas características estão contidas na Tabela 5.

Tabela 5 - Empresas de mineração que responderam ao questionário

EMPRESA	MUNICÍPIO	TEMPO DE EXISTÊNCIA	NÚMERO DE MINERADORES
Cooperativa de Garimpeiros de Nova Palmeira	Nova Palmeira/PB	14 anos	23
Dirubis Mineração e Serviços Eireli - ME	Parelhas/RN	5 anos	40
Cooperativa dos Mineradores de Picuí	Picuí/PB	10 anos	26
Cristal Mineração e Extração EIRELI	Picuí/PB	Mais de 20 anos	15

Fonte: A autora (2021).

A COOGARIMPO e COOPICUÍ afirmaram que o Governo do Estado da Paraíba costumava desenvolver programas de ações preventivas apresentando a necessidade de uso de EPIs e as implicações devido ao não uso dos mesmos, como o surgimento de doenças respiratórias, como a silicose, por exemplo. Entretanto, atualmente o Governo do Estado não está proporcionando esse tipo de assistência.

Por outro lado, a empresa Dirubis Mineração e Serviços Eireli – ME realiza palestras e cursos para orientação dos funcionários sobre a saúde e segurança do trabalho na mineração.

A empresa Cristal Mineração e Extração EIRELI implementa o PGR e o PCMSO e anualmente os trabalhadores são encaminhados para o médico do trabalho para serem examinados e mapear detalhadamente possíveis zonas de risco e suas reais consequências, por meio de diagnóstico precoce de doenças oriundas do trabalho.

Percebe-se que apenas uma das empresas de mineração que responderam ao questionário implementam o PGR e o PCMSO que são programas exigidos pela NR-22.

Esperava-se que as demais empresas adotassem os programas citados de modo a promover a preservação da saúde e segurança dos seus trabalhadores. Dessa forma, é necessário que as mesmas executem o que é imposto pela Norma Regulamentadora e desenvolvam ações preventivas para a prevenção de doenças ocupacionais (SANTOS *et al*, 2017).

#### 4.4 USO DE EPIs NO SERIDÓ PARAIBANO

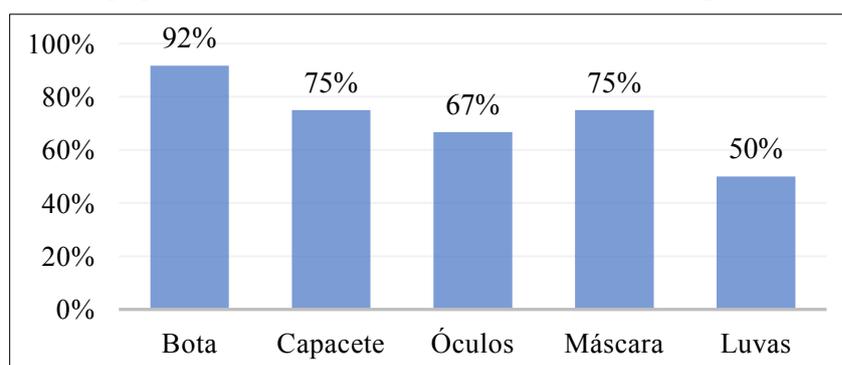
De acordo com a NR-22 as empresas de mineração devem fornecer aos seus funcionários equipamentos de proteção individual de uso obrigatório (EPI), segundo o que é estabelecido pela NR- 6 (Norma Regulamentadora: Equipamento de Proteção Individual) (BRASIL, 2021b).

As empresas que responderam ao questionário afirmaram que disponibilizam aos seus colaboradores os seguintes EPIs: máscaras, capacetes, botas, luvas, protetores auriculares e óculos. Apenas a COOPICUÍ (Cooperativa dos Mineradores de Picuí) não fornece protetor auricular.

Entretanto, apesar das empresas que responderam ao questionário fornecerem os EPIs aos mineradores, existe resistência quanto a aceitação do seu uso. Segundo a resposta da COOPICUÍ, os mineradores não aceitam utilizar os equipamentos. Enquanto na COOGARIMPO e Dirubis Mineração e Serviços Eireli – ME, os garimpeiros utilizam apenas alguns dos EPIs fornecidos e apenas os funcionários da Cristal Mineração e Extração EIRELI utilizam todos.

Com relação as respostas obtidas no questionário dos mineradores, 61% dos garimpeiros não utilizam nenhum tipo de equipamento e 39% utilizam pelo menos um EPI, como botas, luvas, máscara, capacete e óculos. Os equipamentos mais utilizados pelos garimpeiros do Seridó Paraibano estão ilustrados na Figura 16.

Figura 16 - Equipamentos de Proteção Individual utilizados pelos mineradores

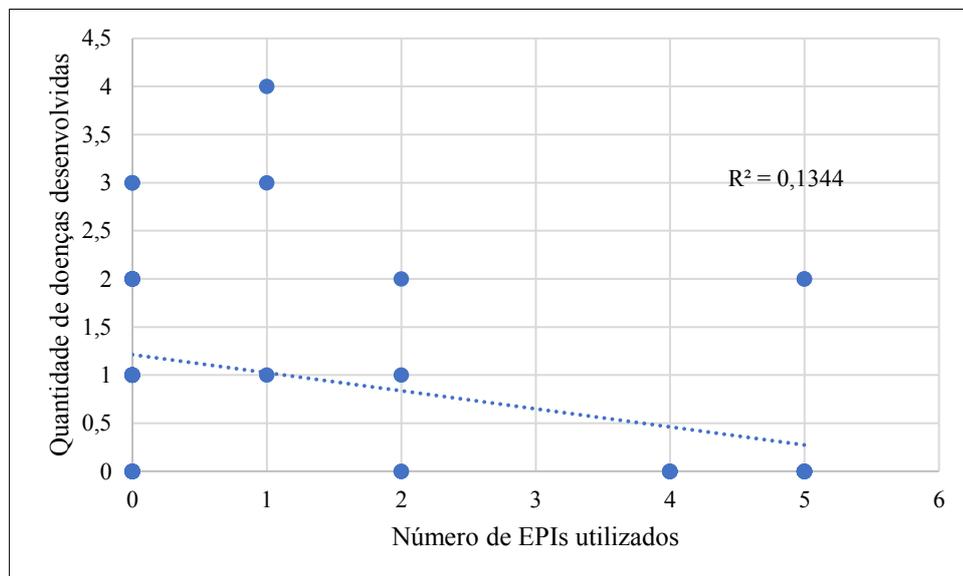


Fonte: A autora (2021).

Utilizando o software XLSTAT, realizou-se uma análise de correlação entre a quantidade de EPIs utilizados e a quantidade de doenças estomacais e gástricas nos mineradores que responderam ao questionário, com nível de significância de 5%. Na Figura 17 está apresentado o gráfico de dispersão

Obteve-se um coeficiente de correlação de  $\rho = -0,367$  e um coeficiente de determinação de  $R^2 = 0,134$ . O resultado indica uma moderada correlação negativa e que 13,4% das doenças desenvolvidas pelos mineradores pode ser explicada pela baixa utilização de equipamentos de proteção. A partir dos valores encontrados, infere-se que quanto menos EPIs são utilizados pelos garimpeiros, maior a probabilidade de surgimento de doenças.

Figura 17 – Gráfico de dispersão entre a quantidade de EPIs utilizados e o número de doenças desenvolvidas pelos mineradores



Fonte: A autora (2021).

Além disso, percebe-se que ainda existe uma resistência muito grande por parte dos mineradores em utilizar os equipamentos fornecidos. Dentre os EPIs mais utilizados, destaca-se bota, capacete e máscara. Analisando as respostas dos questionários, percebeu-se que nenhum dos garimpeiros utiliza protetor auricular, mesmo que seja um equipamento individual obrigatório.

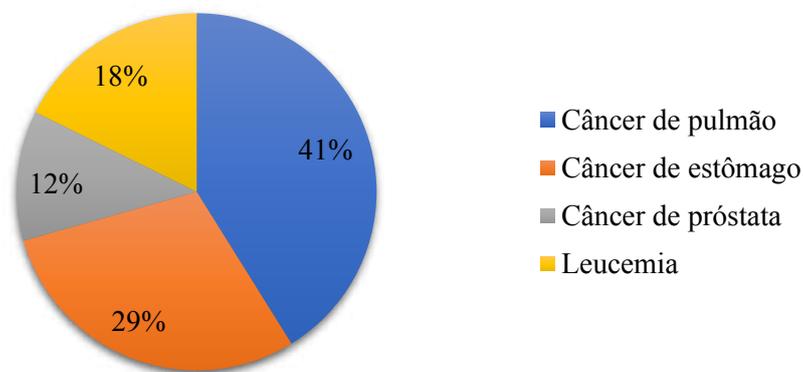
Assim, o uso desses equipamentos é negligenciado, promovendo a exposição dos próprios mineradores à diversos riscos, como físicos e químicos e aumentando a probabilidade de desenvolvimento de doenças gástricas e respiratórias, como evidenciado através do coeficiente de correlação.

#### 4.5 DOENÇAS OCUPACIONAIS ASSOCIADAS AOS AMBIENTES DE MINERAÇÃO

No questionário elaborado para os mineradores, foi perguntado a respeito de doenças ocupacionais que podem estar relacionadas ao ambiente de mineração, como neoplasias do aparelho respiratório e gástrico e doenças como gastrite e úlceras.

Entre os mineradores que responderam ao questionário, 72,6% afirmam não possuir câncer, enquanto 27,4% possuem algum tipo de câncer, como pulmão, estômago, próstata ou leucemia, como ilustrado na Figura 18.

Figura 18 - Tipos de câncer apresentados pelos mineradores nos questionários



Fonte: A autora (2021).

Percebe-se que entre os mineradores que possuem câncer, cerca de 41% possuem câncer de pulmão e 29% possuem câncer de estômago. Esses dois tipos de câncer podem estar associados a inalação, através do ar, e ingestão, através da água, de radônio 222. Segundo Kim *et al* (2016) e Mafra (2011), a inalação e a ingestão de elevadas quantidades desse radionuclídeo aumentam o risco de desenvolvimento de câncer de pulmão e estômago e de doenças pulmonares e estomacais.

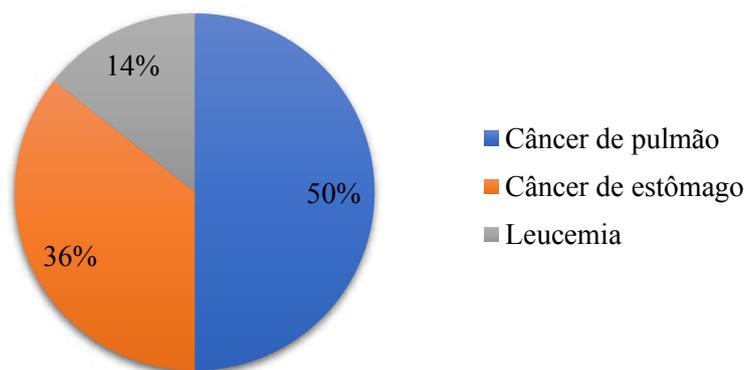
No que diz respeito ao número de mineradores que possuem algum tipo de doença no aparelho respiratório ou gástrico, pouco menos da metade dos entrevistados não apresentam doenças, enquanto cerca de 55% apresentam enfermidades como gastrites, úlceras, pólipos estomacais e silicose. Dentre essas, o adoecimento devido a problemas gástricos é da ordem de 97,6%.

Apesar dos altos índices de adoecimento relacionados ao aparelho digestivo, apenas 29% dos garimpeiros que responderam ao questionário apresentaram algum desconforto gástrico durante o período em que trabalhou em ambientes de mineração.

#### 4.6 ANÁLISE DO MUNICÍPIO DE PICUÍ/PB

Dentre os municípios do Seridó Paraibano que fazem parte do estudo, Picuí apresenta os dados mais elevados e conseqüentemente, mais preocupantes. A partir das respostas dos questionários aplicados com mineradores, dentre os residentes do município de Picuí, 50% apresentam câncer. Seus respectivos tipos estão ilustrados na Figura 19. Observa-se que o câncer de pulmão e estômago são predominantes, com 50% e 36% dos casos, respectivamente.

Figura 19 - Tipos de câncer nos mineradores de Picuí

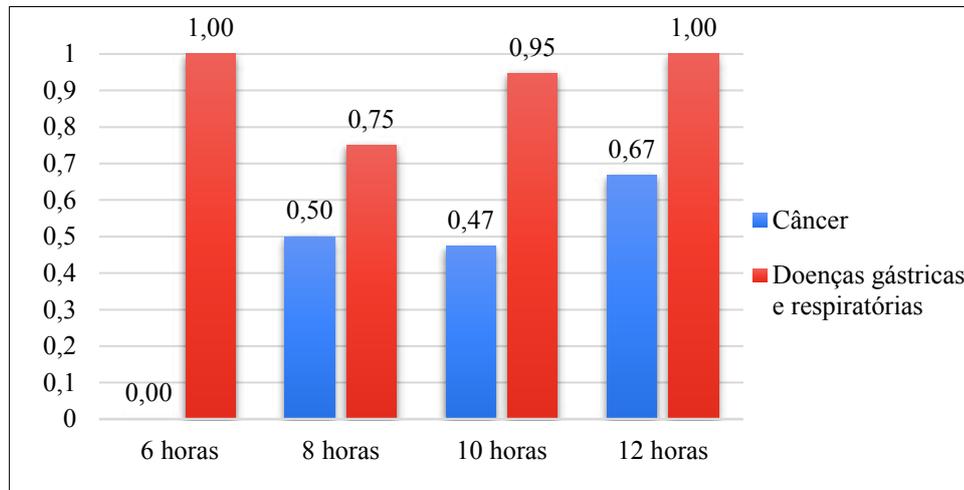


Fonte: A autora (2021).

Em relação ao uso de EPIs, de acordo com as respostas dos mineradores de Picuí, 78,6% afirmam não utilizar nenhum equipamento, reforçando a informação dada pela Cooperativa de Mineradores de Picuí (COOPICUÍ) e pela Cristal Mineração e Extração EIRELI de que os mineradores apresentam certa resistência para uso de equipamentos de proteção individual e muitos não os utilizam.

Além da resistência quanto ao uso de EPIs, percebe-se que, avaliando separadamente o município de Picuí, o número de horas de serviço trabalhadas diariamente influencia diretamente na probabilidade de desenvolvimento de câncer de pulmão, estômago e leucemia, além de doenças gástricas e respiratórias, como observa-se na Figura 20. A prolongada jornada de trabalho promove maiores exposições aos mineradores, causando prejuízos à saúde, de acordo com Vasconcelos *et al* (2013).

Figura 20 - Desenvolvimento de doenças relacionadas ao número de horas diárias trabalhadas na mineração em garimpeiros de Picuí



Fonte: A autora (2021).

Através do software XLSTAT foi realizado uma análise de correlação entre os valores médios dos dados de câncer de pulmão, estômago, leucemia e doenças estomacais dos mineradores de Picuí que responderam ao questionário e dos dados de óbitos das mesmas doenças levantadas no DATASUS para o município, utilizando um nível de significância estabelecido em 5%.

Ao aplicar o teste, obteve-se um coeficiente de correlação de  $\rho = -0,398$  e um coeficiente de determinação de  $R^2 = 0,158$ . O resultado indica uma baixa correlação negativa e que apenas 15,8% dos dados de óbitos em Picuí pode ser explicado pelo número de garimpeiros acometidos com doenças ocupacionais relacionadas ao radônio 222.

Apesar da baixa correlação, analisando as taxas de incidência de óbitos por doenças relacionadas a mineração e mais precisamente, ao radônio 222, o número de mineradores acometidos com câncer e a grande resistência com relação ao uso de EPIs, percebe-se que os garimpeiros de Picuí estão sujeitos ao desenvolvimento de diversas doenças ocupacionais, sendo motivo de preocupação de saúde pública.

## 5. CONCLUSÕES

Através dos dados de óbitos analisados para os municípios de Baraúnas, Frei Martinho, Nova Palmeira, Pedra Lavrada e Picuí, percebeu-se que as taxas de incidências de câncer de pulmão e de estômago bem como de doenças respiratórias e gástricas para esses municípios são cerca de duas vezes maiores do que as taxas estaduais e nacionais.

Analisando os questionários aplicados com os mineradores e empresas de mineração da microrregião do Seridó Paraibano, foi possível identificar que apesar das empresas fornecerem os EPIs exigidos pela NR – 22 e NR – 6, existe ainda uma grande resistência quanto a aceitação dos mesmos, uma vez que 61% dos garimpeiros não utilizam nenhum tipo de equipamento.

Em relação a medidas e ações preventivas das empresas de mineração, as cooperativas de Picuí e Nova Palmeira atualmente não desenvolvem nenhum tipo de programa. Por outro lado, a empresa Dirubis Mineração e Serviços Eireli – ME realiza palestras e cursos para orientação dos funcionários sobre a saúde e segurança do trabalho na mineração e a Cristal Mineração e Extração EIRELI implementa o PGR e o PCMSO, programas que são obrigatórios para empresas de mineração estabelecidos na NR – 22.

Com relação ao questionário dos mineradores, entre os que possuem câncer, destacam-se o de pulmão e de estômago. Esses dois tipos de câncer podem estar relacionados a inalação e ingestão de altas concentrações de radônio 222. Além disso, mais da metade dos mineradores entrevistados apresentam enfermidades gástricas e respiratórias, como gastrites, úlceras, pólipos estomacais e silicose.

A pesquisa identificou, através da correlação de Pearson, que quanto maior o número de horas trabalhadas e quanto menor o número de EPIs utilizados pelos garimpeiros, maiores são as chances de desenvolvimento de doenças ocupacionais, como neoplasias.

Entre os municípios em estudo, Picuí apresenta as taxas mais elevadas e preocupantes. A partir das respostas dos questionários de mineradores desse município, metade apresenta algum tipo de câncer e as taxas de incidência de câncer de pulmão e de estômago são maiores do que as taxas estaduais e nacionais. Somado a isso, cerca de 80% dos garimpeiros de Picuí que responderam ao questionário não utilizam nenhum EPI durante jornada de trabalho.

Assim, a análise das taxas de incidência de óbitos por doenças relacionadas a mineração e mais precisamente, ao radônio 222, do número de mineradores acometidos com câncer e da grande resistência com relação ao uso de EPIs, permitiu inferir que os garimpeiros dos municípios em estudo possuem chances maiores de desenvolverem doenças ocupacionais.

Dessa forma, é importante que as empresas de mineração implementem maior número de programas e ações preventivas e reforcem a necessidade de uso de EPIs com o objetivo de preservar a saúde ocupacional de seus funcionários, seguindo as Leis e Normas Regulamentadoras vigentes (NR – 6 e NR – 22).

Para estudos futuros, recomenda-se a avaliação de maior número de mineradores e de empresas de mineração ativas do Seridó Oriental Paraibano de modo a identificar quais fatores influenciam diretamente no desenvolvimento de doenças ocupacionais nos garimpeiros, principalmente gástricas e respiratórias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas. **Comitê de bacias – Bacia Hidrográfica Piranhas – Açu**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/piranhas-acu/>. Acesso em: 16 de nov. de 2020.

ALBERIGI, S. **Sobre a influência de fatores ambientais nos níveis de radônio em cavernas dos parques estaduais do Vale da Ribeira, SP e avaliação do equilíbrio radioativo e fator de equilíbrio entre radônio e seus descendentes**. Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações. São Paulo, 2011. Disponível em: [http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Simone%20Alberigi\\_D.pdf](http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Simone%20Alberigi_D.pdf). Acesso em: 04 de mai. de 2020

AMARAL, D. S. **Radônio-222 e radionuclídeos associados em águas de poços e solos em áreas do fosforito uranífero da Região Metropolitana do Recife**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

ARAÚJO, M. H. de M.; FONSÊCA, D. K. O. **Projeto de Incentivo à reutilização de rejeitos minerais para a geração de renda para garimpeiros na região do Seridó Oriental**. Revista Práxis: saberes da extensão, João Pessoa, v. 5, n. 10, p. 98-111, set./dez., 2017

BORGES, R.C.C.O; JÚNIOR, J.C.B; OLIVEIRA, F.B; BRUNHEROTTI, M, A; QUEMELO, Q.R.V. **Avaliação da função pulmonar e sintomas respiratórios em trabalhadores da mineração de pirocloro**. Jornal Brasileiro de Pneumologia. Vol. 42, nº4. São Paulo. Agosto de 2016. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-37132016000400279&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-37132016000400279&script=sci_arttext&tlng=pt). Acesso em: 20 de mai. de 2020.

BRASIL – DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SUS – DATASUS. **Informações de Saúde, Epidemiológicas e Morbidade: Banco de dados**. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/mortalidade-1996-a-2017-pela-cid-10-2/>. Acesso em: 05 de out. de 2020.

BRASIL. **NR - 22: Saúde e Segurança ocupacional de mineradores**. Disponível em: [https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST\\_normas\\_regulamentadoras/NR-22.pdf](https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST_normas_regulamentadoras/NR-22.pdf). Acesso em 10 de abr. de 2021.

\_\_\_\_\_. **NR - 6: Equipamento de Proteção Individual - EPI**. Disponível em: [https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST\\_normas\\_regulamentadoras/NR-06.pdf](https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST_normas_regulamentadoras/NR-06.pdf). Acesso em 14 de abr. de 2021.

\_\_\_\_\_. **NR – 7: Programa de Controle e Saúde Ocupacional**. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-7-nr-7>>. Acesso em 21 de maio de 2021.

\_\_\_\_\_. **DECRETO-LEI Nº 5.452, DE 1º DE MAIO DE 1943**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/Del5452.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del5452.htm). Acesso em 18 de abr. de 2021.

CAMPOS, T. F.C; PETTA, R. A; MALANCA, A; PASTURA, V.F.S; SICHEL, S. E; MOTOKI, A. **O gás radônio e a radiação natural em terrenos metagraníticos e pegmatíticos: o caso do município de Lages Pintadas (Rio Grande do Norte, Brasil)**. Revista de Geologia, Vol. 26, nº 2, 45 - 52, 2013.

\_\_\_\_\_. **O gás radônio doméstico e a radioatividade natural em terrenos metamórficos: O caso do município de Lucrécia (Rio Grande do Norte, Brasil).** Revista de Geologia, Vol. 26 (2), 2013.

CARNEIRO, A. P. S; SANTOS, M. A. M; MAIA, P. V; BARRETO, S. M. **Câncer de pulmão em trabalhadores expostos à sílica.** J Pneumol 28(4) – jul-ago de 2002.

CATELLINOIS, O; ROGEL, A; LAURIER, D; Lung Cancer Attributable to Indoor Radon Exposure in France: Impact of the Risk Models and Uncertainty Analysis. Environ Health Perspect 2006; 114: 1361 – 1366

CHAVES, L.C.C.; NAVONI, J.A.; FERREIRA, D.M.; MEDEIROS, S.B., Costa, T.F. **Water mutagenic potential assessment on a semiarid aquatic ecosystem under influence of heavy metals and natural radioactivity using micronuclei test.** Environ. Sci. Pollut. Res. 23 (8), 7572–7581, 2016.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Norma CNEN NN 3.01: Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica.** Março, 2014. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>>. Acesso em: 09 de jun. de 2020.

CRPM. **Perspectivas do Meio Ambiente do Brasil – Uso do Subsolo.** MME - Ministério de Minas e Energia, 2002.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico do Município de Baraúna.** MME - Ministério de Minas e Energia, 2005.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico do Município de Frei Martinho.** MME - Ministério de Minas e Energia, 2005.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico do Município de Nova Palmeira.** MME - Ministério de Minas e Energia, 2005.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico do Município de Pedra Lavrada.** MME - Ministério de Minas e Energia, 2005.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico do Município de Picuí.** MME - Ministério de Minas e Energia, 2005.

DANTAS, J. **A atuação das cooperativas na atividade mineral do Seridó Paraibano: Os casos da Coopicuí e Coomipel.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande - PB, 2017.

DANTAS, J; ANDRADE, L. C; LEITE, I. R; TEIXEIRA, A. L. Q. F; GOMES, R. A. **A trajetória da mineração no Seridó Paraibano.** CONIDIS – I Congresso Internacional da diversidade do Semiárido. Campina Grande, 2016.

DANTAS, A.L; DANTAS B.M; LIPSZTEIN J. L; SPITZ, H. B. **In vivo measurements of <sup>210</sup>Pb in skull and knee geometries as an indicator of cumulative <sup>222</sup>Rn exposure in a underground coal mine in Brazil.** Radiat Prot Dosimetry. 2007;125(1-4):568-71

DEL CLARO, F. **Avaliação da concentração de radônio-222 no ar de postos de trabalho de Curitiba/ PR.** Dissertação de mestrado. Curitiba – PB, 2013.

EPA. Environmental Protection Agency. **Radon in Drinking Water Health Risk Reduction and Cost Analysis;** Notice; Federal Register, v. 64 Washington: February, 26,1999.

\_\_\_\_\_. **Assessment of Risks Form Radon in Homes.** Washington: June, 2003.

- \_\_\_\_\_. **Radon Mitigation Research**. Washington: September, 1999.
- FIANCO, A. C. B. **Concentrações de radônio nas Águas Subterrâneas, Rochas e Solos de Porto Alegre, RS**. Porto Alegre, 2011. 51p.
- FONTANELLI, Silvana Aparecida; LIMA, Vânia Mara Alves. Análise do domínio no contexto da mineração no Brasil. **Organização do Conhecimento Responsável: promovendo sociedades democráticas e inclusivas**. 1ed. Belém: Ed. da UFPA, v. 5, p. 219-225, 2019.
- FRANCISCA, D. D. **Novo método de avaliação a exposição ocupacional ao gás radônio em ambientes de mineração**. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, 2018.
- FROEHLICH, K. **Radioactivity in the Environment**. V. 15. Austria: Ed. Elsevier, 2010
- GALHARDI, J.A. **Geoquímica de radionuclídeos naturais e biomonitoramento em área de mineração de carvão no Sul do Brasil**. Tese de Doutorado. Rio Claro, São Paulo – 2016.
- GRISMINO, M. H. V. **Avaliação da influência de um açude de pequeno porte para concentração de radônio 222 no município de Picuí/PB**. Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharelado em engenharia civil. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Campina Grande, 2019.
- GONZÁLEZ C.A; SANZ M; MARCOS G; PITA S, BRULLET E; VIDA F; AGUDO A; HSIEH C. C. **Occupation and gastric cancer in Spain**. Scand J Work Environ Health. 1991;17(4):240-7.
- HERRAIZ, A. D.; SILVA, M. N. S. **Diagnóstico socioambiental do extrativismo mineral familiar (garimpo) na calha do Rio Madeira, em Humaitá, Amazonas**. Revista Pegada, v. 16, n.2, p. 202-226, dez., 2015
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas – Volume I**. Rio de Janeiro – RJ, 1990.
- \_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/>>. Acesso em 16 de nov. de 2020.
- IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Informações sobre a economia mineral brasileira**. Brasília – DF, 2015. Disponível em: < <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005836.pdf>>. Acesso em: 03 de nov. de 2020.
- INCA. Instituto Nacional de Câncer. **Poeira de Sílica**. Disponível em: < <https://www.inca.gov.br/>>. Acesso em 11 de abr. de 2021.
- KANDARI, T; ASWAL, S; PRASAD, M; BOURAI, A.A; RAMOLA, R.C. **Estimation of anual effective dose from radon concentration among Main Boundary Thrust (MBT) in Garhwal Himalaya**. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 2016.
- KIM, S. H.; HWANG, W. J.; CHO, J. S.; KANG, D. R. **Attributable risk of lung cancer deaths due to indoor radon exposure**. Annals of Occupational and Environmental Medicine, v. 28, p. 1-7, 2016
- KNOLL, G.F. **Radiation Detection and Measurements**. 2 ed. New York: John Wiley, 1989.
- LARROSSA, F. Z. **O meio ambiente de trabalho e as normas de proteção: medicina e segurança nas operações em minas de calcário**. Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharelado em Gestão Ambiental da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). São Gabriel – RS, 2017.

- LIMA, H. C. **A trajetória do setor mineral no município de Pedra Lavrada – PB: Uma análise das ações públicas para pensar o desenvolvimento.** Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-graduação em desenvolvimento regional da Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 2013.
- MAFRA, K.C. **Medidas da concentração de radônio – 222 em água de poço e solo da região do Pinheirinho em Curitiba e proposta de mitigação da água.** Dissertação de mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/362/1/CT\\_CPGEI\\_M\\_Mafra%2C%20Karina%20Cristina\\_2011.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/362/1/CT_CPGEI_M_Mafra%2C%20Karina%20Cristina_2011.pdf)>. Acesso em: 04 de abr. de 2020
- MAIA, Y. W. A. M; SANTOS, C. L. B; CARVALHO, G. B, BATISTA, L. S; FILHO, M. D. **D. Processo de beneficiamento de alguns minerais encontrados na região do seridó (RN/PB).** 2º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. Foz do Iguaçu/PR, 2019. Disponível em: < <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/xv-066.pdf>. Acesso em 24 de nov. de 2020.
- MAGALHÃES, F. M; NOGUEIRA, V. M. G; VIEIRA, N. A. S; CISNE, F. I. M; OLIVEIRA, M. A. S. **Silicose: Uma revisão sistemática.** Revista Ciência e Estudos Acadêmicos de Medicina – Número 12. Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT (Cáceres). 2020 jan. -jul. (p. 22-47).
- MAGILL, Joseph; GALY, Jean. **Radioactivity, Radionuclides, Radiation. Germany: SpringerVelarg Berlin Heidelberg and European Communities,** 2005.
- MARCON A. E.; NAVONI J. A. **Avaliação do potencial mutagênico associada à exposição humana à radioatividade natural.** Quimiosfera, pág. 16, 2017.
- MAZZILLI, B.P; MÁDUAR, M.F; CAMPOS, M.P. **Radioatividade no meio ambiente e avaliação de impacto radiológico ambiental.** São Paulo: PEN, 2011. Disponível em: [https://www.ipen.br/portal\\_por/conteudo/posgraduacao/arquivos/201103311026310-Apostila%20TNA-5754%20abr-2011.pdf](https://www.ipen.br/portal_por/conteudo/posgraduacao/arquivos/201103311026310-Apostila%20TNA-5754%20abr-2011.pdf). Acesso em: 18 de mai. de 2020.
- MEDEIROS, N. V. S. **Radioecologia efetiva para norm em municípios do sertão da Paraíba e do Rio Grande do Norte.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, 2020.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC, 1999. **Risk assessment of radon in drinking water.** National Academy Press. Washington, DC.
- NRPB. **Heath Risks from Radon.** National Radiological Protection Board. UK, 2000.
- OLIVEIRA, W.H.A. **Exposição ao radônio em ambiente residencial e câncer de pulmão: uma revisão de literatura.** Monografia de conclusão de componente curricular MED-B60. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2013.
- OPERDATA. **Coeficiente de Correlação.** Disponível em: <[www.operdata.com.br/blog/coeficientes-de-correlacao/](http://www.operdata.com.br/blog/coeficientes-de-correlacao/)>. Acesso em 01 de dez. de 2020.
- PEREIRA, J.G. **Apostila do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho – Disciplina Higiene do Trabalho – Parte B .** USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. São Paulo – PECE, 2016. 400p.
- PETTA, R.A.; CAMPOS, T.F.C. **O gás radônio e suas implicações para a saúde pública.** Revista de Geologia, Vol. 26, nº 2, 7 - 18, 2013. Disponível em: [http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/14895/1/art\\_rapetta\\_2013.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/14895/1/art_rapetta_2013.pdf). Acesso em: 12 de mai. de 2020

- REYES, E. **Comportamento dos radioisótopos  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  e da razão isotópica  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  em águas subterrâneas extraídas de corpos graníticos fraturados da Suíte Intrusiva de Itú – SP.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, 2009.
- SANTOS, B. S. M; MINETTE, L. J; SORANSO, D. R. **Avaliação dos riscos ocupacionais em áreas de mineração subterrânea.** Tópicos em Gestão da Produção, p. 71 – 2017.
- SANTOS, T. O. **Radionuclídeos naturais em minas subterrâneas brasileiras.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG, 2015.
- SANTOS, T. O, ROCHA, Z., VASCONCELOS V., CRUZ P., GOUVEIA, V. A, SIQUEIRA, J. B, OLIVEIRA, A. H. **Estudo sobre radônio em minas subterrâneas brasileiras.** Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29690>. Acesso em: 04 de mai. de 2020.
- SILVA, A. L. M.A; ESTON, S.M; IRAMINA, W.S; FRANCISCA, D.D. **Radon in brazilian nderground mines.** Journal of Radiological Protection. Vol. 38, n.2.
- SILVA, Sebastião Milton P. da; CRÓSTA, Alvaro P.; FERREIRA, Francisco J. F.; BEURLIN, Hartmurt; SILVA, Adalene M.; SILVA, Marcelo R. R. **Identificação Gamaespectrométrica de Placeres Rutilo-Monazíticos Neoproterozóicos no Sul da Faixa Seridó, Nordeste do Brasil.** RBGF: Revista Brasileira de Geofísica, São Paulo, SP, vol. 28 (1), nº 1, p. 61-77, jan./mar. 2010.
- SOUZA, T. P. MONTEIRO, I. **Produção Mineral no Brasil: Ensaio Teórico sobre a epidemiologia da Silicose.** Revista CIATEC – UPF, vol.11 (1), p.p.70-7, 2019
- SOUZA, D. H. B. **Geodiversidade e patrimônio geológico: uma proposta para implantação de geossítios no município de Picuí – PB.** Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharelado em Geografia. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa – PB, 2016.
- SOUZA, F. de. A; SOBRINHO, A. de. P.C. L. **O cooperativismo mineral como propulsor da atividade garimpeira dos pegmatitos de Picuí-PB.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 25.,2013, Goiânia-GO. Anais. Goiânia-GO, 2013.
- SPACOV, I. C. G. **Monitoração de trabalhadores expostos à radiação natural em minas no Seridó do Nordeste Brasileiro.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, 2016.
- TAUHATA, L. e ALMEIDA, E. S. **Radiações Nucleares: Usos e cuidados.** Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, 1984.
- TÉRAN, J. E. C. **Educação em saúde: silicose.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. 2010.
- OLIVEIRA, W.H.A. **Exposição ao radônio em ambiente residencial e câncer de pulmão: uma revisão de literatura.** Monografia de conclusão de componente curricular MED-B60. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2013.
- UNSCEAR. United Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. **The 2000 Report to the General Assembly with scientific Annexes.** New York: United Nations, 2000.
- \_\_\_\_\_. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. **Sources and effects of Ionizing Radiation**, annex B, v. I, 2008. UNSCEAR Report to the United Nations General Assembly.

USEPA. A citizen's guide to radon: **The guide to protecting yourself and your family from radon**. United States Environmental Protection Agency, 2016. 16 p. Disponível em: [www.epa.gov/radon/pubs/citguide.html](http://www.epa.gov/radon/pubs/citguide.html). Acesso em: 03 de out. de 2020.

UFMG. Universidade Federal de Campina Grande. **Projeto desenvolvimento da pequena mineração no Seridó paraibano no âmbito do APL – Pegmatitos e Quartzitos**. Campina Grande: UAMG/CTRN/UFMG, 2010.

UFPR. Coeficiente de determinação:  $R^2$ . Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node76.html>>. Acesso em 20 de maio de 2021.

VASCONCELOS, S. D.S; VASCONCELOS, C. I. S; NETO, J. M. M. **Riscos ambientais causados na extração mineral: Estudo de caso em uma mineração à céu aberto**. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/8651/6609>>. Acesso em 10 de abr. de 2020.

VEIGA L. H, Melo VP, AMARAL EC, KOIFMAN S. **Feasibility study for a long-term follow-up in a historical cohort of Brazilian coal miners**. J Radiol Prot. 2007;27(3):349-60.

VERÍSSIMO, G; MENDONÇA, R; MEYER, A. **Mortalidade de mineiros brasileiros por câncer entre 1979-2005**. Cadernos Saúde Coletiva. Vol.21, nº3. Rio de Janeiro – RJ. Setembro de 2013. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-462X2013000300008&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-462X2013000300008&script=sci_arttext&tlng=pt). Acesso em: 11 de jun. de 2020.

VIERA, E. V, FERREIRA, G. S., VIDAL, F. W. H. **O beneficiamento de Feldspato na Província Pegmatítica da Borborema, Região Nordeste do Brasil**. Ambiente Mineral – Revista Brasileira de Mineração e Meio Ambiente. V. 6, Nº 1, 2016

WHO. World Health Organization. **Guidelines for drinking water quality**. Fourth ed. WHO Press, Geneva, 2011.

\_\_\_\_\_. World Health Organization. **Handbook on Indoor Radon**. A Public Health Perspective, Switzerland: WHO press, 2009.

XLSTAT. **XLSTAR by Addinsoft**. Disponível em: <<https://www.xlstat.com/en/>>. Acesso em 20 de maio de 2021.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A:** Questionário elaborado para mineradores/garimpeiros.

### 1) DADOS GERAIS

Você trabalha ou já trabalhou como minerador?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Sexo:	<input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino
Idade:	
Cidade onde mora:	<input type="checkbox"/> Picuí <input type="checkbox"/> Nova Palmeira <input type="checkbox"/> Frei Martinho <input type="checkbox"/> Pedra Lavrada <input type="checkbox"/> Baraúna <input type="checkbox"/> Outro
Cidade onde trabalha/trabalhou: OBS: Podem ser marcadas mais de uma alternativa nesse item.	<input type="checkbox"/> Picuí <input type="checkbox"/> Nova Palmeira <input type="checkbox"/> Frei Martinho <input type="checkbox"/> Pedra Lavrada <input type="checkbox"/> Baraúna <input type="checkbox"/> Outro
Você é fumante?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Já fui temporariamente
Qual empresa trabalha/trabalhou? OBS: Se desejar informar, indique o nome da empresa	
Por quanto tempo trabalhou na empresa?	

## 2) CARACTERÍSTICAS DO GARIMPO

Qual o tipo de material extraído no garimpo?	<input type="checkbox"/> Feldspato <input type="checkbox"/> Mica <input type="checkbox"/> Calcário <input type="checkbox"/> Quartzo Róseo <input type="checkbox"/> Quartzo Branco <input type="checkbox"/> Granito <input type="checkbox"/> Urânio <input type="checkbox"/> Outros: _____
Qual a técnica de extração utilizada no garimpo?	<input type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Mecanizada
Como é/era a extração? OBS: Podem ser marcadas mais de uma alternativa neste item.	<input type="checkbox"/> Superficial <input type="checkbox"/> Subterrânea
Durante jornada de trabalho, utiliza/utilizava algum EPI – Equipamento de proteção individual? Em caso positivo, especifique.	
Em média, quantas horas trabalha/trabalhava por dia?	<input type="checkbox"/> 4 horas <input type="checkbox"/> 6 horas <input type="checkbox"/> 8 horas <input type="checkbox"/> 10 horas <input type="checkbox"/> 12 horas
Obteve algum desconforto físico respiratório durante o período que trabalha/trabalhou no garimpo?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Obteve algum desconforto estomacal durante o período que trabalha/trabalhou no garimpo?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Você possui alguma doença cancerígena? OBS: Em caso positivo, especifique o câncer.	<input type="checkbox"/> Não  <input type="checkbox"/> Câncer de pulmão

	<input type="checkbox"/> Câncer de estômago <input type="checkbox"/> Leucemia <input type="checkbox"/> Outros: _____
Possui ou possuiu alguma doença como: OBS: Podem ser marcadas mais de uma alternativa neste item.	<input type="checkbox"/> Pólipos estomacais <input type="checkbox"/> Gastrites <input type="checkbox"/> Úlceras estomacais
Já trabalhou em algum ambiente que gerasse riscos de danos à sua saúde, como químicos ou radiológicos? Em caso positivo, especifique.	
Na sua opinião, o trabalho de mineração acarretou danos respiratórios ou gástricos para sua saúde?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

**APÊNDICE B:** Questionário elaborado para empresas de mineração do Seridó Paraibano.

Qual o nome da empresa?	
Em qual município está localizada a empresa?	<input type="checkbox"/> Picuí <input type="checkbox"/> Nova Palmeira <input type="checkbox"/> Pedra Lavrada <input type="checkbox"/> Baraúna <input type="checkbox"/> Outro
Há quantos anos a empresa está no mercado?	
Qual o número de mineradores da empresa?	
<p>A empresa disponibiliza Equipamentos de Proteção Individual – EPI para os mineradores?</p> <p>Em caso positivo, especifique os EPIs.</p>	
Como é a aceitação dos mineradores em relação ao uso de EPIs?	<input type="checkbox"/> Utilizam todos os EPIs fornecidos <input type="checkbox"/> Utilizam apenas alguns dos EPIs fornecidos <input type="checkbox"/> Não aceitam utilizá-los <input type="checkbox"/> Outro: _____
<p>A empresa faz algum tipo de recomendação aos trabalhadores? Em caso positivo, descreva.</p> <p>OBS: Recomendações relacionadas à ingestão de água e ao uso de medicamentos preventivos, por exemplo.</p>	
A empresa possui algum programa de ações preventivas relacionadas ao	

<p>controle e prevenção de saúde dos mineradores?</p> <p>Em caso positivo, descreva como funciona o programa.</p>	
---	--

**APÊNDICE C:** Taxas de incidência de óbitos por doenças relacionadas ao radônio 222.

LOCAL/DOENÇA	Neoplasias malignas dos órgãos digestivos	Neoplasias malignas do aparelho respiratório	Outras doenças do aparelho respiratório	Outras doenças do aparelho digestivo
Baraúna	0,26	0,38	0,02	0
Frei Martinho	0,27	0,14	0,24	0
Nova Palmeira	0,37	0,05	0,3	0,05
Pedra Lavrada	0,31	0,05	0,12	0,05
Picuí	0,42	0,15	0,08	0,03
Paraíba	0,27	0,13	0,09	0,04
Brasil	0,33	0,15	0,06	0,03