https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.017

INVESTIGAÇÃO QUANTITATIVA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PROVENIENTES DA ATIVIDADE DE MINERAÇÃO NO MUNICÍPIO DE AMETISTA DO SUL/RS

Laura de Luca[1], Caroline Techio[2]*; Luciéle da Silva Knierim[3]; Rodrigo André Klamt[4]
*Autor de contato: carolinetechio.eng@gmail.com

[1] Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Frederico Westphalen, Brasil
[2] Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil
[3] Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil
[4] Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Frederico Westphalen, Brasil

RESUMO

A atividade de mineração é um fator significante no desenvolvimento de um município que dispõe desses recursos em seu território. Mesmo atuando diretamente na economia esta atividade apresenta um dilema socioambiental, o desmonte de rochas com a utilização de explosivos, o qual pode causar riscos à saúde dos trabalhadores e também as estruturas circunvizinhas. Diante disso, buscou-se investigar a incidência de manifestações patológicas em edificações no município de Ametista do Sul/RS, uma região que possui o subsolo explorado pela mineração, e outra, com o subsolo inexplorado, buscando relacionar as manifestações patológicas com as atividades de mineração. Para isso, foi realizado um levantamento visual nas residências, coletando dados conforme a presença ou ausência de manifestações patológicas, e indicando em quais elementos das edificações a incidência de defeitos era maior. Verificou-se que a região que possui o subsolo explorado pela mineração apresentou maior incidência, com 89%; já a região que possui ausência de exploração, apresentou 79%. Contudo, devido à complexidade do assunto, somente é possível afirmar se as atividades de mineração são responsáveis pelo surgimento de manifestações patológicas realizando um estudo mais detalhado e específico.
Palavras-chave: Mineração; Desmonte de Rocha; Edificação; Manifestações Patológicas.

ABSTRACT

Mining activity is a significant factor in the development of a city that has these resources in its territory. Even acting directly in the economy, this activity presents a socio-environmental dilemma, the dismantling of rocks with the use of explosives, which can cause risks to the health of workers and also the surrounding structures. Therefore, we sought to investigate the incidence of pathological manifestations in buildings in Ametista do Sul/RS city, a region that has a subsoil explored by mining, and another, with an unexplored subsoil, seeking to relate the pathological manifestations with the activities of mining. For this, a visual survey was carried out in the residences, collecting data according to the presence or absence of pathological manifestations, and indicating in which elements of the buildings the incidence of defects was greater. It was found that the region that has the subsoil explored by mining had the highest incidence, with 89%; the region that has no exploration, presented 79%. However, due to the complexity of the subject, it is only possible to state whether mining activities are responsible for the emergence of pathological manifestations by carrying out a more detailed and specific study.
Keywords: abstract; recommendations; standardization.

1. INTRODUÇÃO

Aos municípios que possuem em sua extensão territorial algum tipo de jazida mineral, a atividade de extração torna-se um fator significante no desenvolvimento social e econômico desses. A mesma é a base da produção e a partir da extração mineral inicia-se o processo de transformação dos minérios em produtos para serem industrializados. Na medida em que a demanda pelos serviços e produtos cresce, toda região no entorno é beneficiada, desenvolvendo a infraestrutura e o potencial dos municípios inseridos na cadeia de extração mineral.

Ao contrário de outras atividades industriais, na mineração a definição da localização de uma mina é condicionada pela existência e localização do minério, não seguindo apenas fatores de mercado, mas principalmente a geologia, o que acaba muitas vezes fazendo com que algum empreendimento de mineração tenha que estabelecer-se próximo às zonas urbanas, de estruturas ou obras civis e mesmo de áreas de proteção ambiental (DORNELES, 2013).

A mineração em área urbana é causadora de diversos impactos socioambientais, desde a interferência com os processos ambientais, com a poluição estética, a competição pelo uso e ocupação do solo, até a ocorrência de perturbação e conflitos com a vizinhança. No que lhe concerne, o suprimento de bens minerais tem importância fundamental no processo de consolidação da infraestrutura urbana, fornecendo matéria-prima para a construção de moradias, obras de saneamento básico e sistemas viários, os quais são extremamente necessários para o desenvolvimento urbanístico (SILVA et al., 2018).

Nos processos de beneficiamento e transporte, em função dos equipamentos utilizados, bem como por demandar o uso de explosivos, a atividade de mineração acaba desencadeando algumas problemáticas, como a poluição do ar por partículas expelidas durante os processos de quebras e desmontes das rochas, poluição causada pela queima de combustível de transportes, vibrações no solo e ruídos sonoros decorridos do uso dos equipamentos supracitados e das explosões (MECHI; SANCHES, 2010).

O desmonte de rocha com uso de explosivo, utilizado para fragmentar o maciço rochoso, quando executado sem a condução de um planejamento adequado da atividade, causa desconforto humano e ambiental haja vista que prejudica não apenas a saúde dos trabalhadores expostos a esta atividade, mas também a saúde da população do entorno, além de causar danos às estruturas construídas e ao meio ambiente. Esta exposição pode ser configurada através de efeitos maléficos, tais como: ultralançamento, ruído, poeira, vibração, modificações das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio (PONTES, 2013).

A atividade de mineração em municípios da região do Médio Alto Uruguai do estado do Rio Grande do Sul surgiu desde muito antes de suas emancipações. Devido ao grande valor comercial das pedras exploradas, o interesse pela mineração aumenta a cada ano, e hoje, a atividade é responsável por movimentar uma parte significativa da economia desses locais. Em Ametista do Sul/RS, a mineração fomenta maior parte da economia do município.

Apesar de a atividade ser a propulsora no desenvolvimento do município, esta apresenta um dilema socioambiental, tendo em vista que a extração mineral é realizada através do desmonte de rochas com a utilização de explosivos, e estes, causarem riscos não apenas a saúde dos trabalhadores, mas também as estruturas circunvizinhas.

Inclusive, as autoridades do município mesmo não portando de um plano diretor, aconselham que as edificações não ultrapassem o número de quatro pavimentos, isso se deve pela parcela do subsolo que abriga as galerias subterrâneas de extração das rochas, e também pelo fato de edificações com cargas e alturas maiores estarem sujeitas a receber um impacto maior diante da detonação com explosivos, aumentando a ocorrência de manifestações patológicas e riscos aos usuários das mesmas.

Partindo desse cenário a prefeitura possui um Engenheiro de Minas, que monitora e desenvolve junto a cooperativa dos garimpeiros do município o controle dos avanços das minas, e oferta informações aos seus proprietários, através de cursos, reuniões e visitas ao local da lavra, visando a segurança dos trabalhadores e envolvidos, bem como da estrutura rochosa que sustenta a cidade.

Diante do exposto, e devido ao grande número de manifestações patológicas, especialmente trincas e rachaduras em construções, bem como sugestão de populares que relacionam tais ocorrências com a operação dos garimpos, essa pesquisa teve como objetivo investigar de forma quantitativa as manifestações patológicas presentes em residências do município, provenientes da mineração, analisando a ocorrência de manifestações patológicas em residências de duas regiões do município, sendo, uma localizada sob a área que abrange a galeria subterrânea cuja atividade garimpeira ocorre, e a outra, com o solo intacto, sem ocorrência de extração em seu subsolo, buscando relacionar as manifestações patológicas com as atividades de extração mineral.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Impactos causados com a mineração

Lopes et al. (2017) estudou sobre uma lista de ocorrências de danos causados por detonações, que podem ser inerentes a vibrações e impactos produzidos pelos desmontes de rochas em edificações vizinhas. Dentre estes, os mais comuns são: trincas e fissuras no emboço de paredes próximas a marcos de portas e janelas, trincas em azulejos e pisos cerâmicos, queda de reboco de tetos e paredes, e infiltrações em lajes e paredes. No entanto, algumas das ocorrências podem ser provenientes da própria construção, um defeito já existente, que pode ser agravado pelas vibrações e pelos impactos provocados por detonações em áreas próximas.

As alterações ou impactos advindos da mineração podem provocar maior, ou menor impacto, conforme a localização, o método de lavra, o tipo de minério extraído, e o tipo do desmonte utilizado. Em se tratando dos moldes implementados na mineração, especialmente quando do uso de material explosivo, observa-se a ocorrência de inúmeros impactos ou problemas, tanto de ordem social, quanto ambiental (SILVA, 2014).

Os danos causados por vibrações geradas por desmonte de rochas com explosivos são influenciadas por alguns fatores como, geologia, geometria de detonação, sequência de detonação e carga máxima por espera. Além disso, o tipo de estrutura atingida pelos movimentos sísmicos é um fator influenciável, já que dependendo da frequência da onda vibratória que passa pela base de uma estrutura, a mesma pode-se comportar de diversas maneiras, podendo haver grandes danos. Construções mais antigas tendem a ser mais susceptíveis a danos do que construções novas, no entanto, isto depende do material com a qual esta estrutura foi construída (DORNELES, 2013).

2.2 Manifestações patológicas provenientes da atividade de mineração

Lottermann (2013) destaca que a origem das manifestações patológicas pode ser classificada em: congénitas, construtivas, adquiridas e acidentas. No presente trabalho, busca-se analisar as manifestações patológicas de origem "adquirida", as quais surgem durante a vida útil da estrutura, provenientes das vibrações no solo em decorrência das detonações com a utilização de explosivos, devido ao processo de desmonte de rocha para a retirada de geodos, que compreende a atividade de mineração.

De fato, a vibração do solo tem potencial para causar danos a estruturas residenciais e industriais, visto que desencadeia tensões dinâmicas que podem exceder a força de sustentação de uma estrutura (DORNELES, 2013). Em decorrência ao estudo de impactos causados nas edificações pela atividade de mineração, a percepção de que a maioria das manifestações patológicas originadas pelas vibrações no maciço rochoso são transmitidas a estrutura pelas fundações ─ quando essas estão assentadas sobre maciços ─ pois, ao entrar em contato direto com o solo essas absorvem os impactos, e após refletem aos demais elementos estruturais.

Silva et al. (2018) desenvolveram um trabalho identificando as principais manifestações patológicas geradas às estruturas das residências ao entorno de uma pedreira, verificando o raio de atuação da vibração com a atividade mineradora, e, para obter os resultados da pesquisa, aplicaram questionários a população e junto à pedreira, buscando relacionar manifestações patológicas apresentadas nas edificações com as vibrações resultantes do desmonte de rocha. Por fim, os autores verificaram que as principais apresentadas eram trincas e rachaduras de alvenaria, rachaduras em reservatórios de água e infiltrações. Através de um mapa utilizado com o raio de atuação das vibrações, os autores verificaram também que quanto menor a distância entre edificação e pedreira, mais severas as manifestações patológicas.

Contudo, Lopes et al. (2017) basearam-se em estudos práticos, viabilizando a identificação de 7 (sete) casas residenciais com manifestações patológicas, as localizaram e mediram as mesmas para identificar a espessura e a evolução após cada explosão do desmonte de rochas, realizando um monitoramento usando um sismógrafo, no qual foi possível identificar a velocidade de vibração de partícula que chega até as áreas afetadas. Os autores ainda analisaram o resultado obtido e o compararam com os limites estabelecidos pela ABNT NBR 9653:2018, realizando também um estudo prévio dos sistemas construtivos das edificações e o ensaio SPT para identificação do solo no local. Analisando informações da sismografia, os autores obtiveram os valores dentro do permitido pela NBR 9653:2018, descartando a possibilidade desse fator ser causador dos demais danos.

Diante do exposto, ressalta-se que cada situação possui particularidades, pois, os locais analisados nos estudos não apresentam os mesmos aspectos. O maciço rochoso que sustenta algumas das construções, e que é a fonte de matéria-prima para a exploração mineral, não possui as mesmas características em todos os lugares, sua formação geológica é um aspecto particular de cada região, portanto, a propagação das ondas de vibração, e as modificações sofridas pelo maciço se diferem, não podendo generalizar todas as situações. As características de operação da atividade de exploração também são distintas em cada região.

3. METODOLOGIA

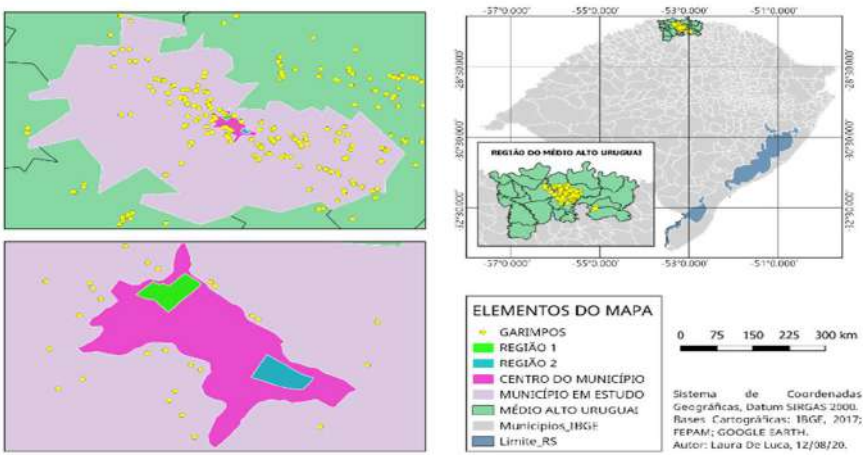
A pesquisa ocorreu no município de Ametista do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. O solo local caracteriza-se por formação geológica constituinte de partes de um planalto, desenvolvido por rochas basálticas de natureza alcalina, de onde são extraídos os minerais explorados na atividade garimpeira.

A metodologia utilizada para atingir os objetivos do presente trabalho baseou-se na realização de um levantamento de manifestações patológicas existentes em residências do município em estudo. Para isto, o desenvolvimento foi dividido em três etapas: mapeamento, levantamento e análise, e discussões dos resultados.

3.1 Mapeamento

O mapeamento ocorreu partindo do estudo e posterior escolha de duas regiões distintas da localidade. A construção do mapeamento e definição foi definida dividindo o estudo em Regiões 1 e 2, sendo: região 1 com presença de mineração no subsolo; e região 2 com ausência de mineração no subsolo. Ambas encontram-se na área central do município e abrigam a grande maioria das residências, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Mapeamento das regiões 1 e 2



Fonte: os autores (2020)

A região 1 foi definida no local do município onde se localiza a maior concentração e proximidade entre garimpos, considerando a direção em que os mesmos avançaram as escavações no subsolo, enquanto a região 2 foi definida considerando o local que apresenta a ausência da atividade de mineração no subsolo ou proximidade de garimpos.

O mapeamento foi construído com a utilização de plantas das quadras do município e de um arquivo de propriedade da COOGAMAI utilizado para fins de controle da cooperativa, onde estão localizados todos os garimpos pertencentes na Região do Médio Alto Uruguai. Também foram utilizados arquivos digitais para o uso em sistema de informações geográficas (SIG), obtidos nos sites da Fepam e do IBGE.

3.2 Levantamento

Uma ferramenta fundamental em uma pesquisa é a amostragem, pois, definir um plano amostral colabora na organização da pesquisa, possibilita uma maior facilidade na coleta das informações necessárias para se obter a quantidade de unidades que se quer pesquisar, ou, o tamanho da amostragem.
O tamanho da amostra (n) foi definido partindo da escolha das regiões no mapeamento. O centro do município em estudo, local onde foi realizado o levantamento, possui um total de 1126 residências, entretanto, a definição das regiões se delimitou à 5 (cinco) quadras na região 1 e 6 (seis) quadras na região 2. Para definir a quantidade de amostras analisadas dentro dessas regiões foi realizada a contagem do número de residências, a qual contabilizou 74 residências na região 1, e 72 residências na região 2.

Sabe-se que uma amostra não pode representar perfeitamente uma população, por isso, deve-se sempre considerar uma margem de erro, ou, um erro amostral, o qual pode ser definido como a diferença entre o resultado da amostra e o verdadeiro resultado. Não é possível que o erro amostral seja inexistente, contudo, pode-se definir um valor limite para o erro, escolhendo uma amostra com tamanho adequado para a pesquisa. Assim, a partir do tamanho da população, foi definido o número de amostras (residências), considerando erro amostral de 10% e confiabilidade de 90%. A realização do cálculo ocorreu conforme Equação 1.

$$\mathbf{n} = \frac{\mathbf{Z^2} * \mathbf{p(1-p)/e^2}}{\mathbf{1} + (\mathbf{z^2} * \frac{\mathbf{p(1-p)}}{\mathbf{e^2 N}})} \quad (1)$$

Em que, ‘n’ é o tamanho da população, ‘e’ a margem de erro e ‘z’ o número de desvios padrão entre determinada proporção e a média (escore ‘z’). Os valores de ‘z’ são tabelados, conforme o nível de confiança desejado, sendo que: para nível de confiança de 85% ‘z’ é 1,44; para 90% ‘z’ é 1,65 e para 95% ‘z’ é 1,96.

O tamanho da amostra foi calculado utilizando a Equação 1 e os dados informados anteriormente. Os resultados obtidos para a região 1 foram: população igual a 74, amostra calculada igual a 76 e a amostra adotada para confiabilidade de 90% igual a 38; já para a região 2 a população encontrada foi 72, a amostra calculada 35 e a amostra adotada para confiabilidade de 90% igual 38.

Definido o tamanho da amostra a ser analisada, o levantamento das manifestações patológicas procedeu conforme descrição dos processos, de forma visual e na maior parte das residências analisando apenas a parte externa das edificações, sendo apenas 30%, avaliadas também na parte interna. As análises internas foram feitas apenas quando os proprietários relatavam a presença de danos no interior da residência e permitiam a entrada na mesma para visualização.

É importante relatar que nenhum proprietário e/ou propriedade foi identificada, nem em documentos ou registros fotográficos. Mas reitera-se que o objetivo da pesquisa foi a coleta de dados para uma investigação quantitativa de residências que apresentassem manifestações patológicas provenientes das atividades de mineração e não uma análise criteriosa das manifestações patológicas (abertura, atividade, inatividade, entre outros). Os dados registrados sobre os usuários e residências foram apenas os necessários para o preenchimento do *checklist* utilizado nessa pesquisa.

O levantamento ocorreu seguindo alguns preceitos do roteiro de laudo pericial de edificações elaborado da NBR 15.575 (ABNT, 2013) ─ Edificações habitacionais ─ Desempenho. Em cada residência analisada foram observados e anotados os seguintes dados: região (1 ou 2); tipologia da edificação; apresenta ou não manifestações patológicas; número de pavimentos; idade; localização de maior ocorrência das manifestações patológicas.

Para facilitar a execução do levantamento foi utilizado um quadro auxiliar para a anotação dos dados que foram coletados. O levantamento foi realizado nos dias 20 e 21 de agosto de 2020 nas residências da região 1, e nos dias 2, 3 e 21 de setembro de 2020 nas residências da região 2. Nos dias em que o levantamento foi realizado a temperatura encontrava-se entre 18 e 22 °C, a umidade relativa do ar encontrava-se próxima dos 90% e o tempo estava nublado.

Reitera-se, que um dos motivos da realização deste trabalho é o fato do assunto ser presente nas conversas entre moradores do município e alguns associarem tais defeitos das edificações com as atividades de mineração, isso se explica pelos mesmos sentirem alguns dos efeitos das detonações nas suas residências, como as vibrações transmitidas através do maciço rochoso, que são refletidas na estrutura da edificação e podem ser percebidas com tremores em janelas e portas, o que costuma ser comum em alguns locais do municipio.

Por fim, os resultados obtidos no levantamento foram trabalhados no software Microsoft Excel versão 2013 e apresentados em gráficos para melhorar a representação dos mesmos.

4. RESULTADOS

4.1 Resultados obtidos no levantamento

O Quadro 1 apresenta todos os dados levantados nas residências vistoriadas na região 1. Como pode ser observado, a maioria das residências possui idade superior a dez anos, chegando a residências com mais de trinta anos. Já as edificações que possuem idade inferior a dez anos, ainda que menos numerosas, representam uma quantidade significativa, totalizando nove das 38 avaliadas na região 1.

Também, pelo Quadro 1, quanto a tipologia das edificações, predominam-se as residenciais, totalizando vinte e sete residências dentro das 38 vistoriadas, em seguida as edificações de tipologia mista, que são oito, e então as de tipo comercial, que representam apenas três das 38 analisadas.

Em relação ao porte das edificações, a região apresenta apenas estruturas de pequeno porte, um dos motivos, além de o município ser pequeno, entra em pauta o receio dos usuários em construir estruturas maiores sobre os solos em parte oco, em virtude da exploração mineral. Portanto, a maioria das edificações vistoriadas na região 1 apresentam apenas o andar térreo, contemplando também em menor número, edificações de dois, três e uma única de quatro pavimentos.

Na região 1 (quadro 1) das quatro residências que não apresentaram defeitos, apenas uma possui idade inferior a dez anos, as outras variam entre dezessete e vinte anos. Das residências com idade inferior a dez anos, 11,11% das mesmas não apresentaram manifestação patológica, já nas residências com idade superior a dez anos foram 10,34%.

Conforme dados do Quadro 1, a região 1 apresenta um total de 89% das residências analisadas com algum tipo de manifestação patológica e apenas 11% das edificações não apresentam danos.

Ressalta-se que nessa região a amostra analisada foi de 38 residências. Ainda, a maior parte das residências apresentam danos, o que é comum, considerando as idades das mesmas. Além disso, na cultura local os proprietários não costumam realizar a manutenção recomendada nas edificações para preservar a vida útil das mesmas, aguardando o aparecimento das manifestações patológicas para só assim realizar os reparos necessários.

Quadro 1 - Dados do levantamento na região 1

Região 1	**Manifestações Patológicas**		**Localização de maior ocorrência das manifestações patológicas**					**Idade da Obra (anos)**	**Nº de pavimentos**	**Tipologia**
Res.	**Sim**	**Não**	**Paredes**	**Estrutura**	**Muro**	**Piso**	**Pintura**			
1	X		1					19	1	Residencial
2	X		1					4	2	Residencial
3	X		1					3	1	Residencial
4	X		1					11	1	Residencial
5	X				1			20	1	Residencial
6	X					1		22	1	Residencial
7		X						19	1	Residencial
8	X						1	8	2	Residencial
9	X		1					15	1	Residencial
10	X			1				20	1	Residencial
11	X		1					22	1	Residencial
12	X					1		14	1	Residencial
13	X			1				20	2	Residencial
14	X						1	8	1	Residencial
15	X				1			15	2	Residencial
16		X						7	1	Residencial
17	X		1					26	2	Residencial
18	X				1			22	2	Residencial
19		X						20	2	Residencial
20		X						17	1	Residencial
21	X					1		3	1	Comercial
22	X							7	2	Mista
23	X						1	12	4	Mista
24	X			1				23	1	Residencial
25	X		1					28	1	Residencial
26	X			1				3	1	Comercial
27	X		1					15	2	Mista
28	X					1		27	1	Residencial
29	X					1		26	1	Residencial
30	X					1		23	2	Mista
31	X					1		21	2	Mista
32	X		1					14	1	Comercial
33	X					1		34	1	Residencial
34	X		1					10	1	Residencial
35	X		1					28	2	Mista
36	X					1		21	1	Residencial
37	X		1					31	3	Mista
38	X						1	2	2	Mista

Fonte: os autores (2020)

No Quadro 2, encontram-se os dados levantados nas residências vistoriadas na região 2. Como pode ser observado boa parcela das residências dessa região possui idade superior a dez anos, havendo uma edificação com mais de quarenta anos. Já, as edificações que possuem idade inferior a dez anos são oito das 38 residências vistoriadas na região 2.

Quanto a tipologia das edificações, na região 2 (quadro 2) predomina-se as de tipo residencial, totalizando vinte e duas residências dentro das 38 vistoriadas, em seguida as edificações de tipologia mista, que são quatorze, e então as de tipo comercial, que representam apenas duas das 38 edificações analisadas. Em relação ao porte das edificações, também, em conformidade à região 1, a região 2 apresenta apenas estruturas de pequeno porte, a maioria das edificações vistoriadas na região apresentam apenas o andar térreo, contemplando também em menor número, edificações de

dois, três e uma única de quatro pavimentos.

Das oito residências que não apresentaram defeitos na região 2 (Quadro 2), quatro possuem idade inferior a dez anos, as outras variam de dez e vinte e um anos. Das residências com idade inferior a dez anos, 50% das mesmas não apresentaram manifestação patológica, já nas residências com idade superior a dez anos foram 13,33%. Portanto, entende-se que na região 2 também as residências com maior idade apresentam uma incidência maior de manifestações patológicas. Obteve-se no levantamento que 79% das residências contém algum tipo de manifestação patológica, de acordo com Quadro 2.

Quadro 2 - Dados do levantamento na região 2

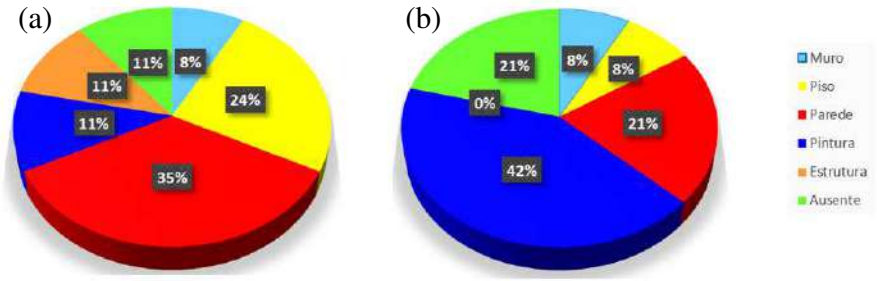
Região 2	**Manifestações Patológicas**		**Localização de maior ocorrência das manifestações patológicas**					**Idade da Obra (anos)**	**Nº de pavimentos**	**Tipologia**
Res.	**Sim**	**Não**	**Paredes**	**Estrutura**	**Muro**	**Piso**	**Pintura**			
1	X					1		45	1	Comercial
2	X						1	30	1	Mista
3	X		1					17	1	Residencial
4	X				1			19	1	Residencial
5		X						2	2	Comercial
6	X						1	15	3	Mista
7	X		1					30	3	Mista
8	X		1					32	1	Residencial
9		X						7	1	Residencial
10	X						1	25	2	Mista
11	X		1					28	1	Mista
12	X	X						21	1	Residencial
13	X		1					38	1	Residencial
14	X						1	24	1	Residencial
15	X						1	1	2	Residencial
16							1	16	1	Residencial
17	X				1			14	1	Residencial
18	X		1					13	1	Mista
19		X						11	1	Residencial
20		X						10	1	Residencial
21	X				1			14	1	Residencial
22	X						1	24	1	Residencial
23	X						1	10	2	Mista
24		X						17	2	Mista
25	X						1	25	2	Mista
26	X						1	15	3	Mista
27	X		1					4	2	Mista
28	X						1	30	2	Residencial
29	X					1		7	1	Residencial
30	X						1	32	1	Residencial
31	X						1	22	1	Residencial
32		X						9	1	Residencial
33	X		1					28	2	Mista
34	X						1	20	1	Residencial
35	X						1	19	4	Mista
36	X						1	16	2	Mista
37	X					1		8	1	Residencial
38		X						8	1	Residencial

Fonte: os autores (2020)

Também, no levantamento *in loco*, além dos dados coletados citados acima, foram identificados, indicando quais elementos das residências possuem maior ou menor número de manifestações patológicas. A Figura 2(a) mostra a porcentagem de manifestações patológicas nos elementos da edificação na região 1. A Figura 2(b) apresenta a porcentagem de manifestações patológicas em cada elemento da edificação, entre todas as edificações vistoriadas na região 2.

Como é possível observar na Figura 2a os principais danos identificados nas residências vistoriadas da região 1 foram nas alvenarias de vedação (paredes), onde foram encontradas trincas, fissuras e trincas diagonais originadas nos pilares, contabilizando 35% das residências. Também, foram observadas trincas, rachaduras e recalques nos pisos em 24% das residências, e, em 11% das mesmas, registraram-se manifestações patológicas em algum elemento estrutural, como, por exemplo, nas vigas da platibanda e pilares. Da mesma forma, em 11% dos casos foi observado danos na pintura, como mapeamento, fissuras, desplacamento, bolhas, entre outros. Por fim, em apenas 8% foram registrados danos em muros, onde foram encontradas trincas e rachaduras, recalque e desplacamento do cobrimento (chapisco e reboco).

Figura 2 – (a) Elemento com maior ocorrência de manifestações patológicas nas residências da região 1; (b) Elemento com maior ocorrência de manifestações patológicas nas residências da região 2



Fonte: os autores (2020)

Pela Figura 2b observa-se que nas residências vistoriadas as principais manifestações patológicas encontradas foram parte de pintura, onde se observou observadas fissuras, desgaste, desplacamento, mapeamento, bolhas de umidade, entre outras, totalizando 42% dos casos. Foram observadas trincas e fissuras nas alvenarias de vedação (paredes), contabilizando 21% das residências, bem como trincas, rachaduras e recalques nos pisos e muros em 8% das mesmas. Não foram identificadas manifestações patológicas nos elementos estruturais.

Depois de representar e analisar individualmente os dados das duas regiões foi comparado os resultados das mesmas. Destaca-se que a comparação é válida e fiel pelo fato de que as regiões 1 e 2 tiveram o mesmo número de residências analisadas (38 residências). O levantamento realizado nas residências do município, revelou uma alta incidência de edificações que possuem manifestações patológicas, onde os resultados mostram que das 38 residências amostradas nas regiões 1 e 2, apenas quatro residências não apresentam algum tipo de manifestação patológica na região 1, região localizada na área de extração mineral. Já, na região 2, oito residências não apresentaram danos, região localizada em área com ausência de atividade de extração mineral. Dessa forma, fica claro que a região 1 foi a que apresentou maior incidência de manifestações patológicas nas residências vistoriadas.

Sendo a região 1, a que possui o maior número de incidência de manifestações patológicas nas residências — e a mesma situa-se no local do município onde a mineração encontra-se ativa — pode-se relacionar o envolvimento das atividades de mineração na origem das manifestações patológicas no local.

As regiões analisadas no levantamento localizam-se no centro do município em estudo e pelo fato do mesmo ser pequeno em extensão territorial, as regiões são próximas. Nesse caso, pode-se fazer uma comparação como o estudo realizado por Silva et al. (2018), onde os autores desenvolveram

um trabalho verificando o raio de atuação da vibração com a atividade mineradora, concluindo que quanto menor a distância entre edificação e pedreira, mais severas eram as manifestações patológicas. Portanto, pode-se justificar os resultados obtidos nessa pesquisa, onde a região 1, a mais próxima dos garimpos, foi a que apresentou mais residências danificadas. Ainda, pode-se concluir que, mesmo não estando diretamente no rastro da exploração, a região 2 pode também ter sido afetada com reflexos das atividades de mineração, fato este que pode esclarecer o número alto de manifestações patológicas nas residências de ambas regiões em estudo.

Contudo, para comprovar que as atividades de mineração têm envolvimento direto na origem das manifestações patológicas, exige-se um trabalho mais elaborado, tendo necessidade de um estudo para detectar as movimentações do solo. Tal situação pode ser esclarecida por meio do estudo de Lopes et al. (2017), onde os autores realizaram um estudo a partir de um monitoramento usando um sismógrafo e identificaram a movimentação do solo através de medições de velocidade de vibração de partícula nas áreas estudadas. Os autores analisaram os resultados e compararam com os limites estabelecidos pela ABNT NBR 9653:2018. Através da análise das informações da sismografia, os autores obtiveram os valores dentro do permitido pela NBR 9653:2018, descartando a possibilidade de a mineração ser o fator causador dos danos.

Mesmo com a alta taxa de incidência de danos nas residências, e a região situada na zona de mineração ativa ter apresentado a maior quantidade de residências que apresentaram defeitos, é possível que a movimentação no solo, causada pelas atividades de mineração não seja um fator responsável pelo surgimento de manifestações patológicas. Pois, apesar de as atividades de exploração mineral interferirem de maneira invasiva no maciço rochoso, de acordo com Lopes et al. (2017), nem todas as regiões que possuem zona de mineração, precisamente, possuam problemas construtivos nas edificações em virtude da mineração, isso, se as atividades foram regidas conforme os limites das normativas vigentes para o setor.

Pela Figura 2 (a) e (b) é perceptível que o único elemento que apresentou os mesmos valores de incidência de manifestações patológicas nas duas regiões estudadas foi o muro, com incidência em 8% das residências. Os demais elementos apresentaram certa discrepância nos valores, sendo que o elemento que mais apresentou diferença entre as regiões, foi a pintura, onde a região 1 apresentou 11% das residências com algum tipo de manifestação patológica relacionada à pintura e a região 2 apresentou incidência de defeitos na pintura em 42% das residências. Outro elemento que apresentou peculiaridade foi a estrutura, a qual apresentou uma taxa de incidência de 11% na região 1 e na região 2 esteve ausente. Nos demais elementos (parede e piso) a região 1 apresentou uma taxa de incidência maior que na região 2, sendo 35% de manifestações patológicas localizadas em paredes e 24% em pisos. Já, a região 2 apresentou uma taxa de 21% de defeitos em paredes e 8% em pisos. Também, as residências onde as manifestações patológicas encontravam-se ausentes foi de 11% na região 1 e 21% na região 2.

5. CONCLUSÕES

A vistoria com foco na identificação de manifestações patológicas revelou uma alta incidência de edificações com danos, sendo que 89% das residências da região 1 e 79% das edificações na região 2 apresentam algum dano. O maior número de edificações danificadas na região 1 pode ser atrelada ao subsolo que abriga as galerias de mineração e aos métodos utilizados para o desmonte do maciço rochoso, que podem ter contribuído para o surgimento de manifestações patológicas nas residências.

Analisando os dados obtidos através da proposta metodológica não é possível afirmar que a atividade mineradora é inteiramente responsável pelo surgimento de manifestações patológicas nas residências do município. Mesmo que se obteve um número mais alto de residências com defeitos na região mais afetada pela mineração as causas das manifestações patológicas em uma edificação podem ser diversas, e ter origem em qualquer etapa de uma construção, por isso, somente um estudo mais detalhado e específico pode confirmar se as manifestações patológicas analisadas no levantamento são provenientes das atividades de mineração.

6. REFERÊNCIAS

DORNELES. F. T. **Controle e previsão de Vibrações e Ruídos gerados por Desmonte de Rochas com Explosivos**.2013. Projeto Integrado de Mineração II, Requisito para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Mineração. Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul-RS, 2013.

LOPES, J. C. P., MARTINS, L. A. **Avaliação de Impacto do Desmonte de Rochas com Explosivos em Edificações Vizinhas ao britador São Geraldo em Caratinga-MG**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdades Integradas de Caratinga, Caratinga-MG, 2017.

LOTTERMANN, A. F. **Patologias em Estruturas de Concreto: Estudo de Caso**. 2013. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí-RS, 2013.

MECHI, A.; SANCHES, D. L**. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo.** Artigo - Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, São Paulo, v. 24, n. 68, 2010.

PONTES, J. C**. Impactos de Vizinhança Proporcionados Pelo Desmonte de Rochas com Uso de Explosivos: Estudo de Caso a Mineração Dantas Gurgel & CIA LTDA, Caicó-RN**. 2013. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais Pós-Graduação em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

SILVA, E. A. A.; SILVA, F.E.S; SILVA, M. E. L; ASSUNÇÃO, M. S. L**. Investigação de Manifestações Patológicas nas Edificações após Atividade Mineradora no Município de Caraúbas-RN**. *In.:* V Congresso Brasileiro de Engenheiros sem Fronteira, 2018, Natal. Anais[...]. Natal: Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. s/ p.

SILVA, J. A. L. **Avaliação dos Impactos Socioambientais causados pela Mineração: Estudo de caso no município de Pedra Lavrada-PB**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido) – Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, Campina Grande, 2014.