



# Técnicas instrumentais para a caracterização e quantificação das fibras de amianto

## *Instrumental techniques for the characterization and quantification of asbestos fibers*

Lincoln Gabriel Santiago de Aquino\*, Danielle Caroline Schnitzler†,

### RESUMO

O amianto crisotila, fibra mineral da classe dos silicatos, teve seu uso amplamente difundido no século passado em diferentes áreas, com destaque para construção civil, devido à resistência que a sua inserção gerava a produtos como telhas de fibrocimento. No entanto, a utilização da telha por tempo prolongado acarretava na sua degradação e expunha as fibras de crisotila ao meio ambiente colocando em risco a população, tendo em vista que as fibras são cancerígenas. Nesse sentido, esse trabalho consiste em uma revisão de trabalhos anteriores do grupo de pesquisa enfatizando as técnicas instrumentais para caracterização das fibras de amianto utilizadas, bem como uma busca por artigos recentes sobre o mineral com enfoque nas técnicas e instrumentos de caracterização e quantificação em diferentes matrizes (água, solo e ar). Para isso verificou-se na base de dados Web of Science, artigos sobre técnicas e instrumentos onde foi possível encontrar diferentes metodologias, tais como: microscopia ótica, microscopia de transmissão (MET), microscopia de varredura (MEV), espectroscopia infravermelho e microtomografia de raios-X. As técnicas descrevem principalmente procedimentos para a quantificação das fibras no ar. No entanto, poucos trabalhos discutem seus resultados em matrizes como água e solo, indicando a necessidade de aprofundamento nos estudos ambientais.

**Palavras-chave:** amianto crisotila, revisão, técnicas de caracterização.

### ABSTRACT

Chrysotile asbestos, a mineral fiber of the silicate class, had its use widespread in the last century in different areas, especially in civil construction, due to the resistance that its insertion generated to products such as fiber cement tiles. However, the use of tile for a long time caused its degradation and exposed it as chrysotile fibers to the environment, putting the population at risk, given that the fibers are carcinogenic. In this sense, this work consists of a review of previous works by the research group emphasizing instrumental techniques for characterization of used asbestos fibers, as well as a search for recent articles on the mineral with a focus on techniques and instruments for characterization and quantification in different matrices (water, soil and air). For this, articles on techniques and instruments were found in the Web of Science database, where it was possible to find different methodologies, such as: optical microscopy, transmission microscopy (TEM), scanning microscopy (SEM), infrared spectroscopy and microtomography of X ray. The techniques described mainly in procedures for the quantification of fibers in air. However, few works discuss their results in matrices such as water and soil, necessarily the need for further environmental studies.

**Keywords:** chrysotile asbestos, review, characterization techniques.

\* Bacharelado em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil; [lincoln.1997@alunos.utfpr.edu.br](mailto:lincoln.1997@alunos.utfpr.edu.br)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba; [daniellec@utfpr.edu.br](mailto:daniellec@utfpr.edu.br)



## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Radvanec (2013), o amianto, fibra mineral da classe dos silicatos, pode ser dividido em dois grupos de minerais, as serpentinas e os anfibólios, tendo a crisotila presente no primeiro grupo como o de maior representatividade já que por muitos anos teve seu uso difundido em diferentes áreas, com enfoque principal na indústria civil em telhas e caixas d'água do chamado fibrocimento. O mineral além de ter favoráveis características de resistência (mecânica, elétrica, química e térmica), tem um baixo custo de extração o que facilitou a sua exploração, em especial do tipo crisotila, principal fibra de amianto. No entanto, as fibras de amianto causam comprovadamente doenças, tais como a abestose e vários tipos de câncer. Segundo o documento fornecido pela OMS (2017), o amianto foi incluído no grupo principal de substâncias cancerígenas pela Organização Mundial da Saúde, a partir daí houve um movimento no sentido da proibição do seu uso em diversos países, a questão ainda é discutida, mas cientistas defendem a abolição do uso do material em qualquer circunstância e a substituição do mesmo quando possível. Apesar disso, devido à alta resistência que a fibra proporciona ao material, muitos produtos derivados do mineral permanecem em uso.

No Brasil, o uso da fibra de amianto ainda não é oficialmente banido apesar da votação pelo banimento do mesmo já ter sido realizada junto ao Supremo Tribunal Federal (STF) que proibiu o uso de todo tipo de amianto no território nacional. Os magistrados declararam inconstitucional o artigo 2º da lei federal 9055/05, que permitia até então o uso controlado do amianto do tipo crisotila, o único que ainda era autorizado, como mostra a reportagem de Martins (2017). No entanto, o uso controlado do mineral era permitido segundo a norma regulamentadora das atividades e operações insalubres (NR 15), com anexo XII gerenciando o uso controlado de amianto no país, sendo assim por muito tempo o mineral foi utilizado em larga escala.

Tendo em vista que o Brasil é um dos maiores mineradores de amianto-crisotila do mundo e que esse é um material de grande persistência, pode-se afirmar que grande parcela da população ainda usufrui de produtos com fibras de amianto e pode estar exposta a doenças já referenciadas neste texto.

Esse trabalho consiste em uma revisão de estudos previamente realizados com o grupo de pesquisa com ênfase em sua caracterização e busca na literatura sobre novas técnicas de caracterização bem como seus prós e contras para posteriormente serem aplicadas nas amostras armazenadas no laboratório

## 2 MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

### 2.1 Metodologia de Análise

A metodologia utilizada foi primeiramente revisar estudos do grupo de pesquisa que tem como tema central as fibras de amianto. Nesses estudos foi dado ênfase nas técnicas instrumentais utilizadas para a caracterização dessas fibras, sendo essas já consolidadas para a caracterização do mineral em diferentes matrizes. Posteriormente buscou-se novas técnicas de instrumentação para caracterização das fibras de amianto em estudos recentes já publicados.

O objetivo dos primeiros trabalhos do grupo de pesquisa para com as fibras foi determinar se havia a liberação de amianto a partir telhas com diferentes idades e provenientes de diferentes localidades quando essas eram incididas pela água da chuva, bem como tentar determinar se há uma correlação entre o número de fibras liberado e a idade, localidade e pH das chuvas nas telhas. As telhas foram lavadas com água de

chuva previamente preparada no laboratório. A Figura 1 é um exemplo de um dos sistemas para a coleta da água da chuva sintética para a avaliação.

Posteriormente as mesmas telhas foram levadas a um ambiente real para se avaliar a liberação das fibras e a água da chuva foi coletada.

**Figura 1 – Sistema para coleta de chuva sintética**



**Fonte: Autoria própria (2018)**

Após a coleta, todas as amostras foram filtradas em membranas de acetato de celulose onde eram armazenadas até o momento da análise. Segundo a NIOSH 7402, são utilizados equipamentos de Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) e a Microscopia eletrônica de varredura (MEV). Estas técnicas são abordadas em normas, tais como: *A Discussion of Asbestos Detection: Techniques for Air and Soil*, Perry (2004). Para esse estudo foi escolhido a caracterização por MEV, quando acoplado ao Sistema de energia dispersiva (EDS) pode oferecer a composição pontual da amostra. Além das técnicas de microscopia, a Espectroscopia infravermelho mostrou bons resultados, quando comparado com a literatura.

A MEV é um tipo de microscopia em que um feixe de elétrons focalizado varre a superfície da amostra, interagindo com a matéria, gerando diferentes tipos de sinais que podem oferecer informações sobre a morfologia e composição química do material. O microscópio Eletrônico de Varredura contém uma fonte geradora de um feixe de elétrons que é disparado continuamente na amostra durante o ensaio, realizando uma varredura em sua superfície. A MEV, em comparação com a microscopia ótica e o (MET), é melhor para examinar a morfologia das partículas por apresentar maior resolução. O EDS pode ser acoplado ao MEV e avaliar de forma semiquantitativa a composição elementar das fibras, permitindo a sua caracterização.

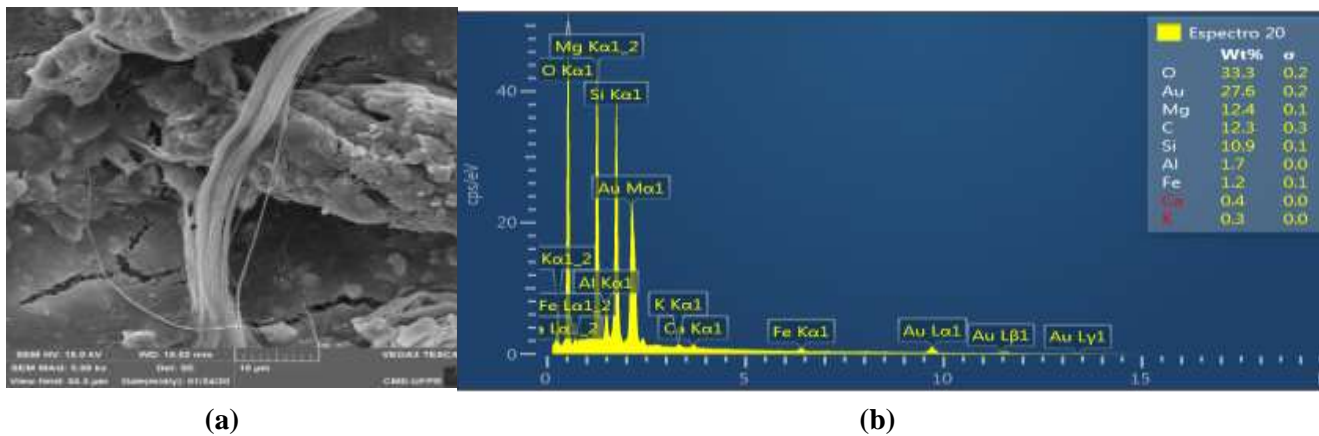
## 2.2 Metodologia de Pesquisa Bibliográfica

Para determinação de novas técnicas foi necessário verificar referências bibliográficas, que apresentam o assunto. Iniciou-se a pesquisa na base de dados Web of Science, seguindo para as bases Science Direct e Scielo no período de 2016 a 2021 sendo inseridas algumas palavras-chave nas bases de dados, por exemplo: amianto, fibra de amianto, crisotila, determinação de fibra de crisotila, telhas de amianto. Nos artigos, foi verificado as técnicas instrumentais mais utilizadas para a caracterização e quantificação das fibras de amianto do tipo crisotila, no meio ambiente em amostras de ar, água e solo.

## 3 RESULTADOS

Com relação as técnicas microscópicas utilizadas em estudos anteriores, a que obteve melhor resultado foi a Microscopia Eletrônica de Varredura, pois com essa foi possível avaliar a morfologia da fibra bem como a disposição dessa na amostra em alta resolução. Na Figura 2 é possível ver um feixe de fibras caracterizado como crisotila que foi encontrada em uma das amostras de coleta da água da chuva que incidiu sobre uma telha usada (nesse caso, Amostra 26) que foi analisada em MEV com ampliação de 5000 vezes, bem como, o EDS pontual realizado o qual coincide com a amostra padrão de amianto do tipo crisotila.

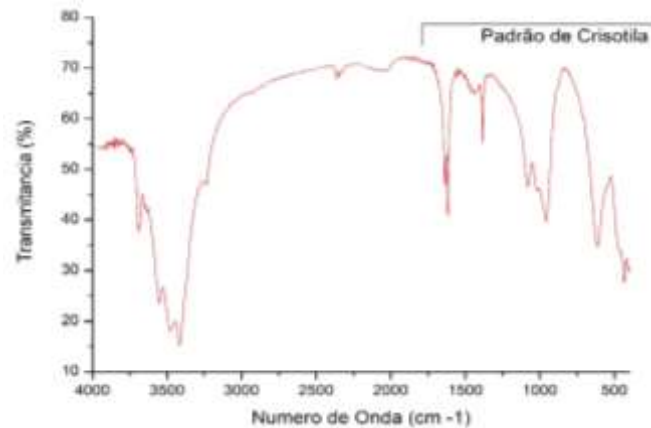
Figura 2 – (a) Amostra 26 analisada em MEV; (b) EDS pontual da Amostra 26



Fonte: Autoria própria (2019)

Outra técnica utilizada nos estudos para caracterização, foi a Espectroscopia Infravermelho. Segundo Accardo (2014), as bandas mais comuns encontradas no mineral do tipo crisotila são  $3691 \text{ cm}^{-1}$ ,  $3650 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1079 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1020 \text{ cm}^{-1}$ ,  $960 \text{ cm}^{-1}$ ,  $615 \text{ cm}^{-1}$ ,  $433 \text{ cm}^{-1}$  e  $401 \text{ cm}^{-1}$ , onde bandas entre:  $1200\text{--}900 \text{ cm}^{-1}$ , são comuns devido ao estiramento da ligação Si-O; entre  $600\text{--}900 \text{ cm}^{-1}$ , devido à vibração da cadeia de silicato, além de curvaturas da ligação O-H na região entre  $3600\text{--}3700 \text{ cm}^{-1}$ , já para bandas encontradas entre  $434$  e  $300 \text{ cm}^{-1}$ , essas podem ser atribuídas ao dobramento na ligação entre de Mg-OH, algumas dessas bandas são evidentes na Figura 3. O infravermelho é uma técnica utilizada em muitos estudos, porém é necessário cuidado quando as fibras são de diferentes componentes presentes no fibrocimento, como o aditivo Portland, por exemplo. Desta forma, é uma técnica interessante quando associada a outras técnicas, tais como as microscópicas.

Figura 3 – Espectro do padrão de crisotila



Fonte: Autoria própria (2019)

Além dessas utilizadas em estudos anteriores, diferentes técnicas instrumentais podem ser encontradas na literatura como a MET. Na técnica de MET, o feixe de elétrons interage com uma amostra suficientemente fina à medida que a atravessa. A amostra é disposta entre a fonte de elétrons e um anteparo, onde a imagem ampliada é formada pelo impacto dos elétrons transmitidos e difratados. A imagem gerada é uma projeção bidimensional da amostra, em campo claro ou escuro, ou ainda de difração de elétrons, dependendo do modo de operação do equipamento.

Uma outra técnica de caracterização é a de Microtomografia de Raio-X utilizando a luz Síctron. Essa técnica apesar de ter um custo permite detalhes da amostra com relação as demais, sendo possível até mesmo uma reconstrução geométrica 3D baseada em imagem detalhada.

Apesar de as buscas bibliográficas encontrarem novas técnicas e metodologias para a caracterização das fibras, percebe-se que a maior parte dos estudos é voltada para caracterização das amostras no ar, nota-se então a necessidade de maiores estudos em matrizes como água e solo.

## 4 CONCLUSÃO

Foi possível verificar que existem diferentes técnicas instrumentais para a caracterização e quantificação das fibras de amianto dentre elas foram escolhidas as técnicas de MEV e Espectroscopia em infravermelho, pois as mesmas permitiram a identificação, a semiquantificação e caracterização das fibras de crisotila. Com relação à busca na literatura, notou-se a inexistência de quantificação das fibras de amianto em amostras de água e solo.

## AGRADECIMENTOS

CNPq; MPT-PR; CME-UFPR; LAMAQ-UTFPR; LEMASSA.

## REFERÊNCIAS



RADVANEK, M. .et al. (2013) **Change of carcinogenic chrysotile fibers in the asbestos cement (eternit) to harmless waste by artificial carbonatization: petrological and technological results.** Journal of Hazard Materials, 252-253.

OMS. (2017) **Amianto Crisótilo.** Genebra: Organização Mundial da Saúde.

MARTINS, M.A. (2017) **Luta pelo banimento do amianto ganhou o país, mas caminhada é longa, Carta Capital** Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/sociedade/a-luta-pelo-banimentodoamianto-ganhou-o-pais-mas-caminhada-e-longa>. Acesso em: junho. 2021

PERRY, A. (2004) **A Discussion of Asbestos Detection: Techniques for Air and Soil.** EPA - U.S. Environmental Protection Agency. Disponível em: [https://clu.in.org/download/studentpapers/Asbestos\\_Paper\\_Perry.pdf](https://clu.in.org/download/studentpapers/Asbestos_Paper_Perry.pdf). Acesso em junho, 2021.

ACCARDO, G.; CIOFFI, R. (2014) **Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy for the Determination of Asbestos Species in Bulk Building Materials.** Materials,7.