

Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro

**Avaliação do teor e tipo de partículas e nanopartículas
existentes em obras de reabilitação urbana.**

Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica

Catarina Alexandra Santos Faria

Orientadora: Paula Luísa Nunes Braga da Silva

Coorientadora: Cristina Madureira dos Reis



Vila Real, 2016

Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro

**Avaliação do teor e tipo de nanopartículas existentes em obras de
reabilitação urbana.**

Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica

Catarina Alexandra Santos Faria

Orientadora: Paula Luísa Nunes Braga da Silva

Coorientadora: Cristina Madureira dos Reis

Composição do Júri:

Vila Real, 2016

Dissertação apresentada à Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação científica da Professora Paula Luísa Nunes Braga da Silva, do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Ciências e Tecnologia e sob a coorientação da Professora Cristina Madureira dos Reis, do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Aos meus pais, Elsa Pereira e Agostinho Faria.

“A persistência é o menor caminho do êxito”. (Charles Chaplin)

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível com o envolvimento, colaboração e empenho de algumas pessoas, a quem desejo exprimir os meus profundos agradecimentos. Embora esta secção de agradecimentos, certamente, não me permita agradecer, como devia, a todas as pessoas que, ao longo do meu Mestrado em Engenharia Mecânica me ajudaram, direta ou indiretamente, a cumprir os meus objetivos e a realizar mais esta etapa da minha formação académica.

Quero agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Paula Luísa Nunes Braga da Silva da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, pelo acompanhamento, disponibilidade, orientação, incentivo e transmissão de conhecimentos na realização deste trabalho.

À minha coorientadora, Professora Doutora Cristina Madureira dos Reis pela orientação, disponibilidade, sugestões prestadas e acompanhamento na realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Carlos Rafael da Silva Oliveira da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, pelo indiscutível apoio, tanto a nível dos conhecimentos acerca da obra reabilitada como sugestões apresentadas.

À Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro por ter assegurado as condições necessárias, incluindo os equipamentos para o desenvolvimento da minha dissertação.

Aos meus pais e irmão pelo carinho, incentivo, apoio, valores transmitidos, ajuda e disponibilidade prestada nos bons e maus momentos, que nunca mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Aos meus amigos, por todo o apoio e compreensão, amizade e ajuda sempre prestada ao longo deste processo.

Ao Vasco Lobo pela sua enorme paciência, apoio e carinho nos momentos mais críticos.

A todos o meu maior e sincero OBRIGADO.

RESUMO

A desertificação dos centros históricos tem vindo a ser assumida como um dos grandes problemas urbanísticos e de ordenamento do território das cidades atuais. Este fenómeno deve-se à melhor oferta de qualidade de vida nos arredores, habitações com melhores condições e custos mais competitivos, proximidade aos locais de trabalho e problemas de mobilidade. Assim, os centros urbanos foram ficando despovoados, degradados, com problemas de sanidade, sociais e de segurança.

Os processos de reabilitação urbana são processos lentos e complicados, dado o elevado número de fatores que têm de ser considerados nas políticas de intervenção, considerando a relevância do problema. Vários mecanismos de reabilitação urbana foram já implementados, uns com maiores índices de sucesso e outros com resultados mais insignificantes.

A presente dissertação incide num estudo experimental de avaliação e caracterização do teor e do tipo de partículas e nanopartículas potencialmente existentes em obras de reabilitação urbana. Para tal, foram recolhidas amostras, num edifício reabilitado na baixa da cidade do Porto. A primeira recolha foi feita antes de iniciada a reabilitação e a segunda e última, após conclusão da obra.

As amostras foram avaliadas com vista a determinar qual o tipo de partículas presentes, composição química, morfologia e dimensão. Para a caracterização química e morfológica recorreu-se às técnicas de Microscopia Eletrónica de Varrimento (MEV) (*Scanning Electron Microscopy* - SEM), Espectroscopia Dispersiva Raios-X (EDS), Difração de Raios-X (DRX).

Conclui-se que, da fase de demolição para a fase de reabilitação, surgiram novos elementos como P, Cl, Al, Na e Ti, mantendo os elementos iniciais, Si, Ca, Mg, S, K, Fe e Al. Em contrapartida houve um elemento que foi eliminado no processo, o Zn.

Em análise de DRX, da fase de demolição para a fase de reabilitação, existem modificações significativas, nomeadamente o desaparecimento de compostos como Biotite e Muscovite e aparecimento de novos componentes, como o Gesso.

ABSTRACT

Desertification of historic centers has been considered as one of the great urban problems and of spatial planning on our cities. This phenomenon is due to a better quality of life on the suburbs, houses with better conditions and more competitive costs, workplaces proximity and mobility problems. As a consequence, urban centers have been depopulated and degraded, presenting health and security problems.

Urban rehabilitation processes are slow and complicated, due to the large number of factors that must be considered and taking into account the relevance of the problem. Several urban renewal mechanisms have been implemented, some with higher success levels and others with insignificant results.

This dissertation focuses on an experimental study of evaluation, characterization, amount and type of particles, and potentially existing nanoparticles, found in urban rehabilitation works. With this purpose, several samples were collected in a building located in Porto downtown. The first samples were collected before the beginning of the rehabilitation process and the second and final, after completion of the work.

The samples were evaluated in order to determine the type, chemical composition, morphology and size of the collected particles. In order to obtain chemical and morphological characterization, the following techniques were used: Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy Dispersive Spectroscopy X-rays (EDS), X-Ray Diffraction (XRD).

It was observed that, from the demolition to the rehabilitation phase, new elements such as P, Cl, Al, Na and Ti appeared, and some of the initial elements, such as, Si, Ca, Mg, S, K, Fe and Al, were maintained. In contrast there was one element, Zn, which was eliminated during the process.

Using XRD analysis it was possible to conclude that, from the demolition the rehabilitation phase, there were significant changes, in particular the disappearance of compounds as Biotite and Muscovite and appearance of new components, such as gypsum.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	XI
RESUMO	XIII
ABSTRACT	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XXI
ÍNDICE DE TABELAS	XXIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XXV
LISTA DE ACRÓNIMOS	XXVII
LISTA DE SIMBOLOGIA	XXIX

Capítulo 1 - Objetivos e Introdução

1.1. Objetivos.....	3
1.2. Introdução.....	4
1.3. Reabilitação urbana	4
1.4. Materiais utilizados para reabilitação urbana	6
1.4.1. 1ª Fase.....	6
1.4.2. 2ª Fase.....	17
1.5. Materiais com potencial toxicidade.....	23
1.5.1. Amianto	23
1.5.2. Ródio	25
1.5.3. Radão	25
1.5.4. Chumbo	26
1.5.5. Dióxido de titânio	27
1.5.6. Organoclorados (Dioxinas e fluranos).....	28
1.5.7. Compostos Orgânicos Voláteis (COV's)	28
1.5.8. Ftalatos	29

1.6.	Amianto	29
1.6.1.	Materiais utilizados na construção que contêm amianto	30
1.6.2.	Recolha do amianto para a realização do ensaio	31
1.7.	Técnicas de medição de nanopartículas.....	32
1.7.1.	Microscopia Eletrónica de Varrimento.....	34
1.7.2.	Difração Raio-X	35

Capítulo 2 - Procedimento experimental

2.1.	Reabilitação urbana	39
2.1.1.	Apresentação do edifício	39
2.1.2.	Recolha de amostras e acondicionamento.....	40
2.2.	Amianto	46
2.2.1.	Apresentação do edifício	46
2.2.2.	Recolha de amostras e acondicionamento.....	46

Capítulo 3 - Apresentação e análise dos resultados

3.1.	Reabilitação urbana	51
3.1.1.	Comparação de 1ª e 2ª Amostragem	51
3.1.1.1.	MEV	51
3.1.1.2.	EDS	57
3.1.1.3.	WDS	64
3.1.1.4.	DRX	71
3.1.2.	Amianto.....	74
3.1.2.1.	MEV	74
3.1.2.2.	EDS	76
3.1.2.3.	WDS	80

3.1.2.4. DRX	82
Capítulo 4 - Discussão de resultados	
4.1. Discussão dos resultados obtidos em EDS e DRX com as composições químicas dos materiais utilizados na reabilitação	87
4.1.1. 1ª Fase	87
4.1.2. 2ª Fase	93
4.2. Discussão dos resultados obtidos em EDS e DRX do amianto	99
4.3. Comparação da primeira para a segunda amostragem dos resultados alcançados na reabilitação.....	102
4.4. Potenciais de toxicidade	104
4.5. Amianto vs Reabilitação.....	104
Capítulo 5 - Conclusões e Sugestões de trabalhos futuros	
5.1. Conclusões.....	107
5.2. Sugestões de trabalhos futuros	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1 – Objetivos e Introdução

Figura 1.1 - Placa de gesso laminado “standard”	7
Figura 1.2 - Placas de gesso laminado hidrófugo	7
Figura 1.3 - Placas de gesso antifogo, reforçadas com fibras de vidro.	8
Figura 1.4 - Tipos de rochas existentes nas diversas regiões de Portugal Continental. (LNEG, 2012).....	9
Figura 1.5 – Rochas graníticas de diferentes regiões de Portugal Continental (LNEG, 2012).....	10
Figura 1.6 - Lã de rocha.....	14
Figura 1.7 - Lã de vidro.....	15
Figura 1.8 - Tubos PVC.....	15
Figura 1.9 - Materiais cerâmicos.	16
Figura 1.10 - Folhas de Madeira (a) e placas de madeira MDF (b).	18
Figura 1.11 – Resinas utilizadas nas composições das tintas	19
Figura 1.12 – Pigmentos.....	20
Figura 1.13 – Exemplo de um aditivo anti-algas e fungos	21
Figura 1.14 – Exemplo de um solvente usado nas tintas.....	21
Figura 1.15 – Exemplo de um tratamento da madeira Cuprinol	22
Figura 1.16- Esquema da interação do feixe de elétrons com uma amostra.....	35
Figura 1.17 - Esquema bidimensional da difração dos Raios-X por dois planos paralelos de um cristal, separados pela distância d.	36

Capítulo 2 - Procedimento experimental

Figura 2.1- Obra de reabilitação urbana, Porto.	39
Figura 2.2 - Projeto do posto de turismo reabilitado na Praça das Cardosas, no Porto..	40
Figura 2.3- Ilustração da recolha das partículas existentes no edifício a reabilitar	40
Figura 2.4- Imagens da recolha de amostras da 1ª Amostragem, efetuada junto à garrafeira.....	41
Figura 2.5 - Imagens da recolha de amostras da 1ª Amostragem, efetuada na entrada principal.	41

Figura 2.6- Imagens da recolha de amostras da 1ª Amostragem, efectuada na entrada pelo pátio.	42
Figura 2.7- Imagens da recolha de amostras da 1ª Amostragem, efectuada no WC.....	42
Figura 2.8 - Zona perto da garrafeira.....	43
Figura 2.9 – Vistas dos tetos.....	43
Figura 2.10 - Entrada pelo pátio.	44
Figura 2.11 - Copos plásticos com partículas envolvidas em etanol (a) e máquina de ultra-sons (b).....	44
Figura 2.12 – Amostras colocadas sobre os pinos de alumínio.....	45
Figura 2.13 - Microscópio Eletrónico de varrimento	46
Figura 2.14 – Fachada e cobertura do Anexo 1, respectivamente.	47
Figura 2.15 - Amostras relativas ao Anexo 1 e 2	47

Capítulo 3 - Apresentação e análise dos resultados

Figura 3.1 - Imagens da microscopia de varrimento comparando a primeira amostra (a) com a segunda (b) nesta zona, com ampliação 50x e 100x, respectivamente.....	51
Figura 3.2 - Imagens da microscopia de varrimento comparando a primeira amostra (a) com a segunda (b) nesta zona, com ampliação 100x.....	52
Figura 3.3 - Imagens da microscopia de varrimento comparando a primeira amostra (a) com a segunda (b) nesta zona, com ampliação 100x.....	53
Figura 3.4 - Imagens da microscopia de varrimento comparando a primeira amostra (a) com a segunda (b) nesta zona, com ampliação 100x.....	54
Figura 3.5 – Musgo - Fibra de Actinolite com ampliação de 500x (a) e 1000x (b)	74
Figura 3.6 - Superficial - Fibra de Actinolite com ampliação de 500x (a) e 1000x (b) .	75
Figura 3.7 – Profunda - Fibra de Actinolite com ampliação de 500x (a) e 1000x (b)....	75

ÍNDICE DE TABELAS

Capítulo 1 - Objetivos e Introdução

Tabela 1.1 - Análise química do granito Rosa de Monção (AGF, 2013).....	10
Tabela 1.2- Análise química do granito de Pedras Salgadas (AGF, 2013).	11
Tabela 1.3 - Análise química do granito de SPI (Cinzento de Alpalhão) (AGF, 2013).	11
Tabela 1.4 - Análise química do granito Amarelo de Vila Real (CM-VPA, 2015).	12
Tabela 1.5 - Análise química do granito Rosa de Monforte (Boaventura, 2000).....	12
Tabela 1.6 - Composição química da lâ de vidro.	14
Tabela 1.7 - Agentes com poder cancerígeno presentes em tintas (Torgal & Jalali, 2010).....	19
Tabela 1.8 - Tipos de fibras de amianto. (ACSS, 2008).....	29
Tabela 1.9 - Materiais que contêm amianto e o seu teor em cada elemento. (Pereira A. L., 2008)	30
Tabela 1.10 - Identificação de algumas técnicas de medição. (University of Essex for Nanocap).....	33

Capítulo 3 - Apresentação e análise dos resultados

Tabela 3.1– Resumo dos resultados de MEV	55
Tabela 3.2 - Comparação das composições químicas obtidas nas duas amostragens da entrada principal	58
Tabela 3.3 - Comparação das composições químicas obtidas nas duas amostragens junto à garrafeira.....	59
Tabela 3.4 - Comparação das composições químicas obtidas nas duas amostragens na entrada pelo pátio.....	61
Tabela 3.5 - Comparação das composições químicas obtidas nas duas amostragens no WC.....	62
Tabela 3.6 - Resumo dos resultados de EDS.....	63
Tabela 3.7 - Resumo dos resultados de WDS	70
Tabela 3.8 - Elementos que constituem a amostra - Musgo.....	77
Tabela 3.9 - Elementos que constituem a amostra – Recolha Superficial.....	78
Tabela 3.10 - Elementos que constituem a amostra - Recolha Profunda	79

Capítulo 4 - Discussão de resultados

Tabela 4.1 – Relação dos materiais utilizados na 1º fase na entrada principal com os resultados obtidos em DRX.....	88
Tabela 4.2 - Relação dos materiais utilizados na 1º fase junto à garrafeira com os resultados obtidos em DRX.....	90
Tabela 4.3 - Relação dos materiais utilizados na 1º fase na entrada pelo pátio com os resultados obtidos em DRX.....	91
Tabela 4.4 - Relação dos materiais utilizados na 1º fase no WC com os resultados obtidos em DRX.....	92
Tabela 4.5 - Relação dos materiais utilizados na 2º fase na entrada principal com os resultados obtidos em DRX.....	95
Tabela 4.6 - Relação dos materiais utilizados na 2º fase junto à garrafeira com os resultados obtidos em DRX.....	96
Tabela 4.7 - Relação dos materiais utilizados na 2º fase na entrada principal com os resultados obtidos em DRX.....	97
Tabela 4.8 - Relação dos materiais utilizados na 2º fase no WC com os resultados obtidos em DRX.....	98
Tabela 4.9 - Resumo da discussão de resultados relativa a EDS e DRX nas duas fases	98
Tabela 4.10 - Percentagem da composição química da actinolite (Mineralogydatabase, 2016).....	99
Tabela 4.11 - Resumo da discussão de resultados relativa a EDS e DRX do amianto	101

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Capítulo 3 - Apresentação e análise dos resultados

Gráfico 3.1 - Espectros EDS, referentes à primeira amostragem (Entrada principal)....	57
Gráfico 3.2 - Espectros EDS, referentes à segunda amostragem (Entrada principal)	57
Gráfico 3.3 - Espectros EDS, referentes à primeira amostragem (Junto à garrafeira) ...	58
Gráfico 3.4 - Espectros EDS, referentes à segunda amostragem (Junto à garrafeira)....	59
Gráfico 3.5 - Espectros EDS, referentes à primeira amostragem (Entrada pelo pátio) ..	60
Gráfico 3.6 - Espectros EDS, referentes à segunda amostragem (Entrada pelo pátio) ..	60
Gráfico 3.7 - Espectros EDS, referentes à primeira amostragem (WC).....	61
Gráfico 3.8 - Espectros EDS, referentes à segunda amostragem (WC)	62
Gráfico 3.9 – Representação das quantidades de elementos químicos presentes na primeira amostragem na entrada principal	64
Gráfico 3.10 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na segunda amostragem na entrada principal.....	64
Gráfico 3.11 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na primeira amostragem junto à garrafeira.....	65
Gráfico 3.12 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na segunda amostragem junto à garrafeira	66
Gráfico 3.13 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na primeira amostragem na entrada pelo pátio.....	67
Gráfico 3.14 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na segunda amostragem na entrada pelo pátio	67
Gráfico 3.15 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na primeira amostragem no WC.....	68
Gráfico 3.16 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na segunda amostragem no WC	69
Gráfico 3.17 - Espectro de DRX da intersecção das amostras da primeira amostragem	71
Gráfico 3.18 - Espectro de DRX da intersecção das amostras da segunda amostragem	73
Gráfico 3.19 - Espectros EDS, referentes ao Musgo	76
Gráfico 3.20 - Espectros EDS, referentes à Recolha Superficial	77
Gráfico 3.21 - Espectros EDS, referentes à Zona 1 – Recolha Profunda	78

Gráfico 3.22 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes no Musgo.....	80
Gráfico 3.23 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na Recolha Superficial.....	80
Gráfico 3.24 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na Recolha Profunda.	81
Gráfico 3.25 - Espectro de DRX da intersecção das amostras recolhidas nas três zonas	.82

LISTA DE ACRÓNIMOS

Acrónimo	Significado
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
EDS	Espectroscopia Dispersiva Raios-X
DRX	Difracção de Raios-X
PVC	Policloreto de vinila
SO ₂	Dióxido de Enxofre
H ₂ O	Água
SiO ₂	Dióxido de Silício
Ca	Cálcio
OH	Hidróxido
Al ₂ O ₃	Óxido de Alumínio
CaO	Óxido de Cálcio
Fe ₂ O ₃	Óxido de Ferro
MnO	Óxido de Manganês
MgO	Óxido de Magnésio
K ₂ O	Óxido de Potássio
Na ₂ O	Óxido de Sódio
TiO ₂	Óxido de Titânio
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
Ca(OH) ₂	Hidróxido de Cálcio
(CaO) ₃ SiO ₂	Silicato tricálcico
(CaO) ₂ SiO ₂	Silicato dicálcico
MDF	<i>Medium-density fiberboard</i>
COV's	Compostos Orgânicos Voláteis
Rh	Ródio
Pt	Platina
Pd	Paládio
Pb	Chumbo
Mg	Magnésio
Fe	Ferro
Ni	Níquel

Si	Silício
O	Oxigénio
TEM	Microscopia eletrónica de transmissão
AFM	Microscopia de força atómica
PCS	Espectroscopia de Correlação de Fótons
CPC	Contador de condensação de partículas
WDS	Espectroscopia de Comprimento de Onda Dispersivo
λ	Comprimento de onda
S	Enxofre
K	Potássio
Al	Alumínio
P	Fósforo
Cl	Cloro
Ti	Titânio
Zn	Zinco
Na	Sódio
SiO ₂	Sílica ou Quartzo
C	Carbono
CaCO ₃	Calcite
H	Hidrogénio
AlPO ₄	Berlinite

LISTA DE SIMBOLOGIA

Símbolo	Significado
nm	Nanómetros
kg/m ²	Quilograma por metro quadrado
µm	Micrómetro
cm ³	Centímetro cúbico
µg	Micrograma
mg	Miligramma
kV	Quilovolts
°C	Grau centígrado
mbar	Milibar
mA	Miliampere
Å	Angström

Capítulo 1

Objetivos e Introdução

1.1. Objetivos

Neste trabalho realizou-se um estudo experimental de avaliação e caracterização do teor e do tipo de partículas e nanopartículas potencialmente existentes em obras de reabilitação urbana. Para tal, foram recolhidas amostras, num edifício que foi reabilitado na baixa da cidade do Porto, durante o ano de 2015. A primeira recolha de amostras (antes da reabilitação) efetuou-se no mês de Janeiro, ou seja no início da obra. A recolha final foi realizada no mês de Junho, após conclusão da obra.

As amostras recolhidas foram avaliadas com vista a determinar qual o tipo de partículas presentes, composição química, morfologia e dimensão. Foi também objetivo deste estudo determinar se as obras de reabilitação asseguram a eliminação de partículas potencialmente tóxicas, se surgem novas partículas, ou se o processo leva a um misto de ambos os fenómenos.

Após as recolhas utilizaram-se diversas técnicas com o intuito de caracterizar química e morfológicamente as amostras. Assim, foram usadas as técnicas de Microscopia Electrónica de Varrimento (MEV), Espectroscopia Dispersiva Raios-X (EDS) e Difracção de Raios-X (DRX).

1.2. Introdução

1.3. Reabilitação urbana

A poluição atmosférica aumentou nas zonas urbanas, nas últimas décadas, tendo consequências na qualidade do ambiente urbano. As indústrias e os veículos produzem inúmeros poluentes gasosos (entre os quais, poluentes gasosos orgânicos e óxidos nítricos), cuja existência representa um perigo para a saúde humana. É então de toda a importância o desenvolvimento de novos materiais de construção que, além de não necessitarem de grandes intervenções em termos de manutenção, contribuam para melhorar a qualidade do ar. Recorre-se, assim, à reabilitação urbana de habitações e edifícios antigos e degradados. Tal acontece para melhorar a “estética” de cidades e aldeias, evitando que se tornem “cidades envelhecidas”. Atualmente, a reabilitação urbana é defendida por muitos autores como sendo uma das melhores soluções para povoar os centros urbanos das grandes cidades, apresentando inúmeras vantagens económicas e ambientais, nomeadamente, para quem procure um emprego na cidade, de forma a evitar o uso de transporte privado e adaptar-se às alternativas de transporte urbanas. É também vista como uma forma eficaz de atenuar o impacto economicamente negativo que a quebra da procura de novas construções provocou nas empresas do setor da construção civil e obras públicas, constituindo assim, uma excelente oportunidade a ser aproveitada pelas empresas do setor.

A construção civil tem um papel fundamental neste processo: é responsável pela reconstrução de antiguidades. Encarregar-se-á de substituir materiais antigos por materiais inovadores e sustentáveis, e deverá aplica-los de forma segura. O que acontece, muitas vezes, nestes casos de reabilitação é a possibilidade da existência de partículas que se mantêm nos edifícios, podendo estas apresentar diversos componentes, dependendo dos tipos de materiais existentes na sua constituição, como: ouro, prata, dióxido de titânio, cobre, entre outros. Potencialmente estas partículas podem apresentar toxicidade (Teixeira & Marques, 2011). Presentemente, nesta área da construção civil e para reduzir os graus de toxicidade presentes nos materiais, induz-se um desenvolvimento sustentável, onde se procura melhorar a qualidade de vida permitindo que as pessoas vivam num ambiente mais saudável. (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2008)

A nanotecnologia aborda a caracterização, fabrico e manipulação de estruturas, dispositivos ou materiais que têm uma ou mais dimensões menores do que 100 nanómetros. Esta área estabeleceu-se como uma tecnologia essencial para uma ampla gama de aplicações, tornando-se assim uma prioridade para políticas de desenvolvimento científico e tecnológico que já se encontram em utilização em centenas de produtos no setor industrial, nomeadamente na eletrónica, saúde, química, cosméticos, compósitos e energia. Assim, torna-se essencial fornecer à indústria e aos investigadores as ferramentas adequadas para auxiliar o desenvolvimento, a aplicação e a comunicação das nanotecnologias. O termo nanopartícula não tem uma única definição. Segundo a definição de 2007, nanopartícula é uma partícula com diâmetro nominal (geométrico, aerodinâmico, mobilidade, área projetada ou outra) menor do que 100 nanómetros (ISO/TR, 2007) Numa definição de 2008, nanopartícula é uma partícula que tem as três dimensões na ordem dos 100 nm, ou menos, e pode ser referida como um nano-objeto (ISO/TS, 2008).

Para verificar se as nanopartículas são tóxicas procede-se à avaliação do teor e tipo de nanopartículas. Estas partículas podem ser produzidas pelo Homem, ou já existir, em qualquer material.

Existem muitas preocupações sobre os possíveis impactos na saúde humana e meio ambiente que podem surgir quando os constituintes dos vários materiais são levados até a nanoescala. Embora estes efeitos não sejam diferentes dos causados pelos agentes químicos não é possível, atualmente, antecipar os impactos com base apenas na composição química. Assim, será efetuada uma revisão do conhecimento mais atualizado sobre os potenciais impactos que as nanopartículas podem ter sobre a saúde humana e meio ambiente.

Durante a reabilitação urbana alguns materiais existentes na obra preservam-se, enquanto muitos dos materiais existentes são substituídos por outros usados na atualidade. Assim, ao fazer a recolha “cega”, obtém-se um indício geral dos materiais utilizados em cada fase.

Uma vez que o amianto seria uma potencial substância tóxica a encontrar nas recolhas efetuadas, em simultâneo com estas análises experimentais da reabilitação do edifício situado no centro do Porto, também foram efetuadas recolhas de amianto numa

escola do distrito de Vila Real. Estas recolhas de amianto irão ser analisadas em paralelo com as do edifício reabilitado para, no final, confirmar, ou não, a presença de amianto no edifício reabilitado.

1.4. Materiais utilizados para reabilitação urbana

1.4.1. 1ª Fase

Numa primeira fase da obra são utilizados materiais como: gesso cartonado, granito amarelo (alterado, região do Porto), argamassa, betão, metais (perfis para execução de paredes de gesso cartonado, caixas de pavimento de eletricidade fabricadas em chapa zincada e condutas em chapa galvanizada), lã de rocha e lã de vidro, tubos PVC, cerâmicas, cimento cola, e ferramentas de corte e planificação de superfícies (martelos, corte de granitos e betão, corte com rebarbadora com disco de corte diamante e lixadoras).

✓ **Gesso cartonado:**

O gesso faz parte das técnicas modernas de fabrico de painéis para paredes, forros e revestimento. O gesso cartonado surgiu por volta de 1895, nos Estados Unidos e foi criado por Augustine Sackett. Junta a resistência à tração, que é proporcionada pelo cartão, à resistência à compressão, fornecida pelo gesso. O painel de gesso cartonado é composto por uma 'sanduíche' de cartão-gesso-cartão; esse 'recheio' é obtido através da mistura do gesso comum a alguns aditivos que aumentam a porosidade da pasta para tornar o painel leve (10 kg/m²), aumentando a resistência mecânica e permitindo a adesão do cartão ao gesso (Metalica, 2015).

Gesso é o termo genérico de uma família de aglomerantes simples, constituídos basicamente de sulfatos, mais ou menos hidratados, e anidros de cálcio, são obtidos pela calcinação da gipsita natural, constituída por sulfato de cálcio di-hidratado e geralmente acompanhada, numa certa proporção de impurezas, com sílica, alumina, óxido de ferro, carbonatos de cálcio e magnésio, $\text{Ca}_2\text{SO}_{4,0,5}\text{H}_2\text{O}$.

Tem composição estequiométrica média: 32,5% de CaO, 46,6% de SO₃ e 20,9% de H₂O. (Barbosa, 2015)

Gesso Normal (padrão):

É constituído por cartão de cor branco/marfim, miolo de gesso e aditivos, revestido em ambas as faces com papel, sendo este um tipo de papel fabricado a partir de uma mistura de fibras de celulose curtas e longas, provenientes de polpas de madeiras macias.

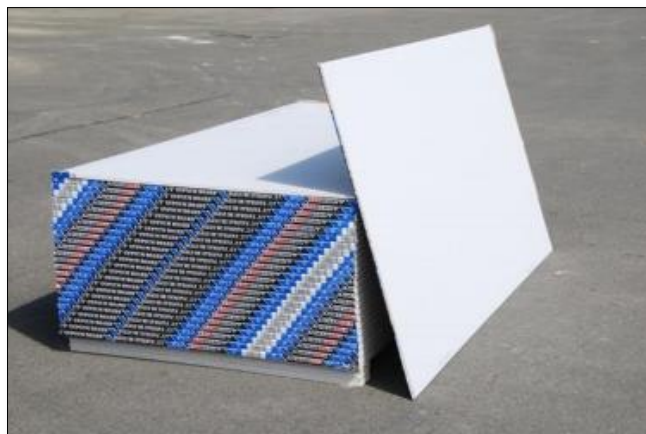


Figura 1.1 - Placa de gesso laminado “standard”. (Machado, 2011)

Gesso Hidrófugo:

É constituído por cartão de cor verde, o silicone é usado como aditivo ao gesso e revestido em ambas as faces com papel com hidrofugante.

As placas de gesso laminado hidrofugadas (ou hidrófugas) são adquiridas através de uma emulsão de cera asfáltica que se combina com o gesso.



Figura 1.2 - Placas de gesso laminado hidrófugo. (Machado, 2011)

Uma das características deste gesso consiste na sua tendência em absorver água. Esta característica embora vantajosa e satisfatória em diversos casos, como na manutenção do equilíbrio higrométrico relativamente à humidade ambiente, apresenta como desvantagem provocar a diminuição da resistência mecânica do produto.

Gesso Resistente ao fogo:

f - Cartão de cor rosa, gesso com fibra de vidro.

As placas de gesso antifogo são reforçadas com fibra de vidro e são aplicadas principalmente nos tetos falsos. A resistência deste gesso é aproximadamente duas vezes superior ao gesso “standard” (Machado, 2011).



Figura 1.3 - Placas de gesso antifogo, reforçadas com fibras de vidro. (Machado, 2011)

✓ **Granitos:**

O granito é uma rocha ígnea, resultante da consolidação do magma, em profundidade, sendo considerado do ponto de vista petrográfico como uma rocha plutónica de textura granular. A sua composição mineralógica é composta essencialmente por quartzo (SiO_2) e feldspatos (feldspatos alcalinos e plagioclase), tendo como minerais o quartzo, mica e feldspato. (Pedras, 2015) (Correia, 2011)

No território português podem encontrar-se três tipos de rochas: calcários, mármore e granitos. Contudo, o tipo de rocha que predomina em Portugal Continental, registando-se em diversas regiões, é o granito. O granito existe no Alentejo e norte do

país, com maior expressão produtiva no norte, mais concretamente na zona de Ponte de Lima, Vila Real, Pedras Salgadas e Chaves (LNEG, 2012).

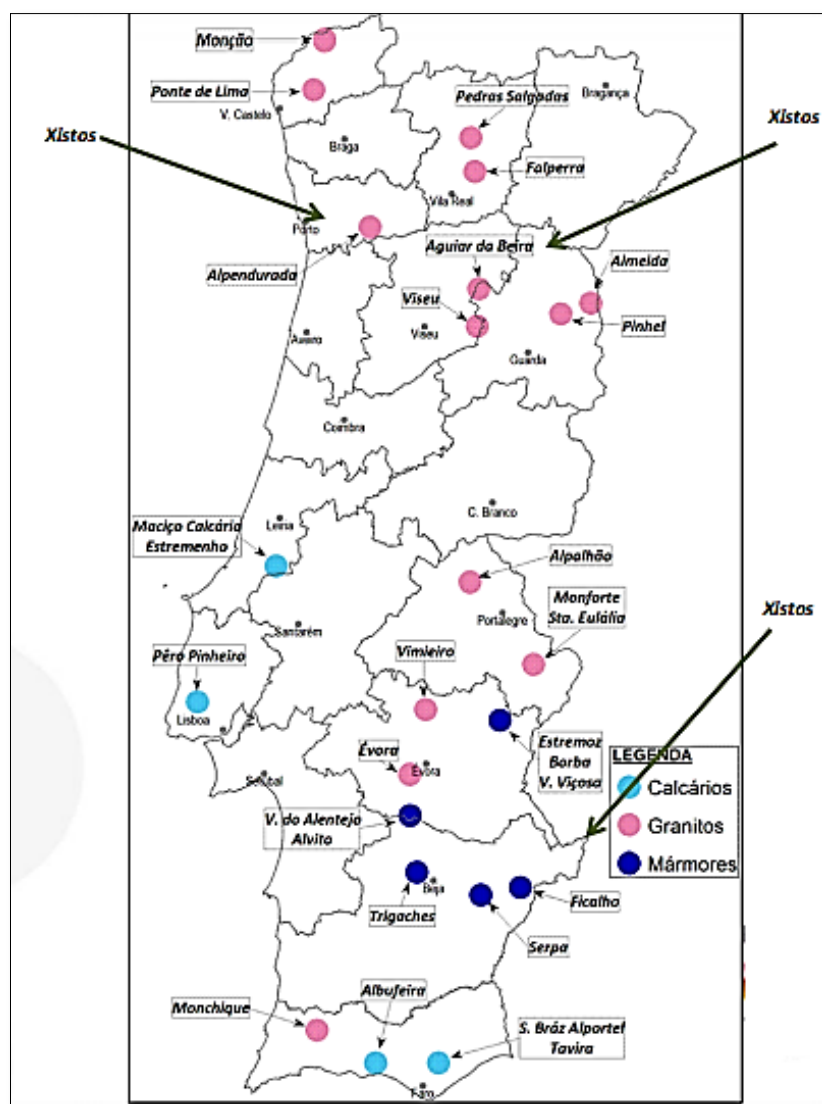


Figura 1.4 - Tipos de rochas existentes nas diversas regiões de Portugal Continental. (LNEG, 2012)

Os granitos diferem de região para região. Ou seja, há granitos da Rosa de Monção, Amarelo de Vila Real, Rosa de Monforte, Pedras Salgadas e SPI (Cinzento de Alpalhão), como se pode verificar na figura seguinte.



Figura 1.5 – Rochas graníticas de diferentes regiões de Portugal Continental. (LNEG, 2012)

Rosa de Monção - Granito de granulado grosseiro, porfiróide, onde domina o biotítico, com cor rosada clara determinada pela tonalidade dos megacrístais de feldspato potássico. Este tipo de granito é essencialmente utilizado em revestimentos exteriores (placa polida) e alvenaria.

Tabela 1.1 - Análise química do granito Rosa de Monção (AGF, 2013).

SiO₂	71.39 %
Al₂O₃	13.79 %
Fe₂O₃	3.39 %
MnO	0.06 %
CaO	1.53 %
MgO	0.38 %
Na₂O	3.67 %
K₂O	4.69 %
TiO₂	0.22 %
P₂O₅	0.14 %
H₂O⁺	0.78 %
H₂O⁻	0.16 %

Pedras Salgadas - Granito cinzento claro, de duas micas e granulado médio, com megacristais de feldspato. Este tipo de granito é utilizado em interiores e exteriores.

Tabela 1.2- Análise química do granito de Pedras Salgadas (AGF, 2013).

SiO₂	72.67 %
Al₂O₃	12.99 %
Fe₂O₃	2.14 %
MnO	0.06 %
CaO	1.21 %
MgO	0.41 %
Na₂O	3.73 %
K₂O	5.59 %
TiO₂	Vestígios
P₂O₅	0.11 %
H₂O⁺	0.59 %
H₂O⁻	0.11 %

SPI (Cinzento de Alpalhão) - Granito de fino granulado predominantemente biotítico e de cor cinzenta homogénea. Este tipo de granito é essencialmente utilizado em revestimentos exteriores e monumentos funerários.

Tabela 1.3 - Análise química do granito de SPI (Cinzento de Alpalhão) (AGF, 2013).

SiO₂	69.18 %
Al₂O₃	15.57 %
Fe₂O₃	2.83 %
MnO	0.04 %
CaO	2.05 %
MgO	0.83 %
Na₂O	3.87 %
K₂O	0.21 %
TiO₂	0.19 %
P₂O₅	0.19 %
H₂O⁺	0.88 %
H₂O⁻	0.19 %

Amarelo de Vila Real - Granito amarelo-esbranquiçado a amarelo-acastanhado, de granulado médio ou médio a grosseiro e leve tendência porfiroide. De duas micas, com ligeira alteração e foliação principiante. Este tipo de granito é essencialmente utilizado sob a forma de placas, em zonas interiores ou exteriores abrigadas, sendo que as variedades mais duras podem ser utilizadas em zonas exteriores sem restrições.

Tabela 1.4 - Análise química do granito Amarelo de Vila Real (CM-VPA, 2015).

SiO₂	73.23 %
Al₂O₃	14.64 %
Fe₂O₃	1.44 %
MnO	<0.05 %
CaO	0.58 %
MgO	0.17 %
Na₂O	3.45 %
K₂O	4.89 %
TiO₂	0.24 %
P₂O₅	0.45 %
H₂O⁺	0.78 %
H₂O⁻	0.05 %

Rosa de Monforte - Granito biotítico com aspeto geral homogéneo, granulado médio e cor rosada intensa, determinada pela tonalidade do feldspato potássico.

Tabela 1.5 - Análise química do granito Rosa de Monforte (Boaventura, 2000).

SiO₂	72.2 %
Al₂O₃	13.8 %
Fe₂O₃	2.22 %
MnO	0.03 %
CaO	0.74 %
MgO	0.26 %
Na₂O	3.07 %
K₂O	5.85 %
TiO₂	0.25 %
P₂O₅	0.12 %
H₂O⁺	0.73 %
H₂O⁻	0.05 %

✓ **Argamassa:**

A argamassa é um ligante com inertes constituída essencialmente por: saibro (solo) e cal.

As argamassas mais comuns são constituídas por cimento, areia e água. Em alguns casos é adicionado outro material como cal, saibro, barro, e outros para a obtenção de propriedades específicas.

Composição química do saibro: é o produto de alteração de rochas quartzo-feldspáticas, como granitos e gnaisses (Vilanova & Fernandes, 2015).



Na sua composição podem existir diversos minerais, mais de 20% de feldspato potássico, plagioclásio, e ainda quartzo e biotita, sendo por isso considerado essencialmente quartzofeldspático.

Composição química da cal (ou hidróxido de cálcio): é uma base inorgânica, de fórmula química $\text{Ca}(\text{OH})_2$, formada pela junção do catião Ca^{2+} e dois aniões OH^- (hidróxido). Em condições ambientais, apresenta-se no estado sólido, tem cor branca e é pouco solúvel em água (Cardoso, 2015).

✓ **Betão:**

Cimento + inertes (base de granitos)

Composição química do cimento: O cimento é composto por clínquer e outras adições que distinguem os diversos tipos existentes.



O clínquer é o principal item na composição de cimentos, sendo a fonte de silicato tricálcico $(\text{CaO})_3\text{SiO}_2$ e silicato dicálcico $(\text{CaO})_2\text{SiO}_2$.

✓ **Metais:**

Perfil para a execução de paredes de gesso cartonado, caixas de pavimento de eletricidade e condutas (ar condicionado), em chapa galvanizada e chapa zincada.

✓ **Isolamentos:**

Lã de rocha e lã de vidro (minerais semelhantes ao amianto).

Composição química da lã de rocha: rica em alumínio, com baixo teor de sílica. (ROCKWOOL, 2015).



A lã de rocha é um material isolante térmico e/ou acústico, incombustível e imputrescível, isolante técnico, térmico, anti - vibrações e proteção contra incêndio para aplicações de construção, industriais ou navais. (ROCKWOOL, 2015).



Figura 1.6 - Lã de rocha. (Refratil - Refratários)

Composição química da lã de vidro: A lã de vidro é um componente constituído por finas fibras de vidro, de diâmetro compreendido entre 3 a 6µm e de comprimento variado. É aglomerada por resinas sintéticas e obtida por um forte sopro de ar sobre o vidro em fusão (sílica e sódio), (Borges, V.T., Peixoto, Tenório, Oliveira, & Borlini, 2008).

Tabela 1.6 - Composição química da lã de vidro.

Componentes	Composição (%)
Al ₂ O ₃	0,250
CaO	62,600
Fe ₂ O ₃	0,115
MgO	0,347
K ₂ O	0,070
Na ₂ O	0,067



Figura 1.7 - Lã de vidro. (ValeFoco)

✓ **Tubos de PVC:**

Composição química dos tubos PVC: PVC é a sigla usada para identificar o polímero de adição, policloreto de vinilo. Este é obtido pela reação de polimerização de cloretos de vinilo (cloroeteno). É um plástico não totalmente constituído por derivados do petróleo. Contém, em peso, 57% de cloro (derivado do cloreto de sódio) e 43% de eteno (derivado do petróleo).



Figura 1.8 - Tubos PVC. (Sival, 2008)

✓ **Cerâmicos:**

Os materiais cerâmicos são conhecidos desde os tempos mais remotos. Eles têm o nome derivado da palavra grega “keramus”, que significa barro queimado, pois os utensílios feitos desse material, como panelas e vasilhames de água, eram obtidos a partir da argila moldada e submetida à queima. Atualmente, este termo refere-se também a todo material inorgânico não metálico obtido após tratamento térmico a altas

temperaturas, sinterização, por exemplo: pisos, louças para casa de banho, vidros, fibras óticas, utensílios culinários, combustível nuclear, implantes ósseos e dentários, entre outros. Esta classe de materiais apresenta propriedades específicas como alta estabilidade química, resistência à corrosão e ao calor, entre outras.

Composição química dos cerâmicos: Os cerâmicos tradicionais englobam a maior parte da produção cerâmica, pois utilizam matérias-primas de baixo custo e abundantes na natureza, como argilas, feldspatos, calcários e outros minerais cristalinos inorgânicos não metálicos (CRQ-IVRegião, 2015).



Figura 1.9 - Materiais cerâmicos. (Chiarelli, 2008)

✓ **Cimento cola:**

O cimento cola é um produto bastante utilizado para fazer a colocação de azulejos de forma a garantir a sua fixação. Este produto foi criado para facilitar a aplicação de revestimentos. O que diferencia este cimento de outros tipos de cimento é o facto de apresentar menor viscosidade.

Composição química do cimento cola: A sua composição é, na parte dos casos, areia, cimento e alguns produtos químicos como amianto (CulturaMix, 2015).

✓ **Ferramentas de corte e planificação de superfícies:**

As ferramentas de corte libertam poeiras que ficam dispersas pelo ar e que quando inaladas podem provocar problemas respiratórios.

Composição química das ferramentas de corte (Discos de corte): Dependendo do tipo de disco utilizado, os discos podem ser fabricados com grãos de óxido de alumínio, reforçados com telas de fibra de vidro. (Apex, 2015) Outros tipos de disco podem ser constituídos por carbono, bronze e diamante. (Pferd, 2006)

1.4.2. 2ª Fase

Na segunda fase foram utilizados materiais como: folha de madeira e aglomerados de madeira, ou MDF (preta), chapa metálica, madeira de carvalho, Cuprinol, para o tratamento da madeira, vernizes e tintas.

✓ **Folha de madeira, aglomerados de madeira ou MDF (preta)**

A madeira é essencialmente constituída por dois tipos de compostos: os estruturais e os não estruturais. Os componentes estruturais, dos quais fazem parte a celulose, as hemiceluloses e a lenhina, são as macromoléculas responsáveis pelas propriedades mecânicas da madeira. Os componentes não estruturais são constituídos por substâncias de massa molecular baixa ou média, do tipo orgânico, os extrativos, ou inorgânicos, as cinzas (Almeida, 2006).

A placa de fibra de madeira de média densidade, mais conhecida como MDF (Medium-density fiberboard) é um material derivado da madeira. É fabricado através da aglutinação de fibras de madeira de média densidade com resinas sintéticas e outros aditivos. É moldado em painéis planos utilizando tratamentos realizados a alta temperatura e pressão (Almeida, 2006) (Prakasha, Mercy, Teja, & Vijayalakshmi, 2014).

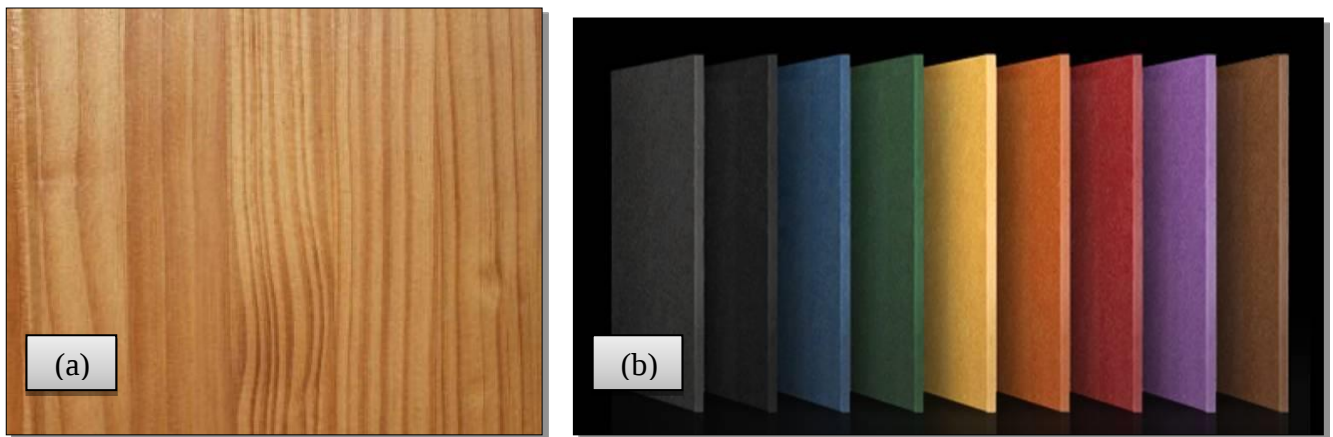


Figura 1.10 - Folhas de Madeira (a) e placas de madeira MDF (b). (Pinterest, 2009)

✓ **Chapa metálica de aço:**

Os metais são sólidos, não deixam passar luz e são bons condutores de eletricidade e calor, possuem um brilho especial chamado metálico. Quando aquecidos são maleáveis, podendo ser moldados de várias formas, desde fios até chapas e barras. Os metais são obtidos a partir do minério por processos extrativos.

Composição química das chapas metálicas de aço: Os minérios são substâncias encontradas em solos e rochas de onde é possível extrair os metais. Alguns metais, tais como o ferro e o cobre, são extraídos dos minérios na forma a ser utilizada. Outros, como o aço e o bronze, precisam ser associados a outras substâncias (ex: aço = ferro + carbono+ outros potenciais elementos de liga). O aço é uma liga metálica formada essencialmente por ferro e carbono que pode ser tratado de diferentes formas de maneira a obter as propriedades desejadas (Recicloteca, 2015).

✓ **Tintas**

A tinta é uma composição líquida, geralmente viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos num aglomerante líquido, que quando aplicados sob a forma de uma camada fina, criam um filme opaco e aderente ao substrato. As tintas são usadas para proteger e embelezar as superfícies. Libertam COV'S, prejudiciais para a saúde e para o meio ambiente. Esses materiais contêm ainda metais pesados com elevado poder cancerígeno, como se pode verificar na tabela seguinte (Torgal & Jalali, 2010).

Tabela 1.7 - Agentes com poder cancerígeno presentes em tintas (Torgal & Jalali, 2010).

Agente cancerígeno	Fonte
Cromo	Primários, tintas
Cádmio	Pigmentos
Benzeno	Solventes
Cloreto de metileno	Decapantes
Estireno	Solventes orgânicos
Níquel	Pigmentos
Chumbo	Primários, secantes, pigmentos

Mistura química das tintas:

- **Resina** - é a parte não-volátil da tinta, que serve para aglomerar as partículas de pigmentos, conferir a aderência e também tem influência em propriedades como o brilho, durabilidade, flexibilidade e tenacidade.

As resinas podem ser sintéticas como os acrílicos, vinílicos, poliuretanos, poliésteres, epóxis, melaminas, ou naturais, como os óleos.

Antigamente, as resinas eram constituídas à base de compostos naturais, vegetais ou animais. Atualmente, são obtidas através da indústria química ou petroquímica por meio de reacções complexas, originando polímeros que concedem às tintas propriedades de resistência e durabilidade muito superiores (Donadio, 2011).



Figura 1.11 – Resinas utilizadas nas composições das tintas. (Cunha, 2014)

- **Pigmento** - é um material sólido, insolúvel no meio. Utilizados para conceder a cor, espessura, textura, ou simplesmente para reduzir o custo da tinta.

São divididos em pigmentos coloridos (controlam a cor), não-coloridos e anticorrosivos (concedem proteção aos metais).

Os pigmentos podem ser classificados como naturais ou sintéticos. Os naturais envolvem vários tipos de argilas, carbonatos de cálcio, mica, sílicas e talcos. Os sintéticos incluem moléculas orgânicas fabricadas pelo homem, argilas calcinadas e sílicas sintéticas.

Os pigmentos opacos, para além da sua função decorativa, também atribuem proteção ao substrato, ao impedirem os efeitos nocivos dos raios ultravioleta. Este tipo de pigmentos inclui dióxido de titânio e óxido de ferro.

Determinados pigmentos podem ser tóxicos, tais como pigmentos à base de chumbo ou de estanho, recentemente proibidos (Donadio, 2011).



Figura 1.12 – Pigmentos. (Cunha, 2014)

- **Aditivos** – ingredientes adicionados às tintas em pequenas quantidades, proporcionando características especiais ou melhoria nas suas propriedades. Alguns exemplos incluem aditivos para modificar a tensão superficial, melhorar propriedades do fluxo, melhorar a aparência final, melhorar a estabilidade dos pigmentos, controlar características anti-congelantes, anti espuma, controlo da pele, etc.

Outro tipo de aditivos envolvem catalisadores, espessantes, estabilizadores, emulsionadores, textura, promotores de aderência, estabilizadores ultravioletas, agentes biocidas, entra outros (Donadio, 2011).



Figura 1.13 – Exemplo de um aditivo anti-algas e fungos. (Divercol, 2009)

- **Solvente** – é um líquido volátil, geralmente de baixo ponto de ebulição. O principal objetivo do solvente é ajustar as propriedades de cura e a viscosidade da tinta. A sua função principal é funcionar como transportador dos componentes não voláteis (Donadio, 2011).



Figura 1.14 – Exemplo de um solvente usado nas tintas. (Seriscreen)

✓ **Tratamento da madeira (Cuprinol)**

O imunizador para madeiras Cuprinol, foi desenvolvido para penetrar profundamente na madeira, dando-lhe deste modo uma protecção duradoura que previne e protege do apodrecimento provocado por fungos e bolores. É aplicável em todo o tipo

de madeiras, interiores ou exteriores. Não altera significativamente a cor da madeira tratada, que pode ser pintada, envernizada ou colorida (Hilditch, 1980).

Composição química do Cuprinol: É composto por permetrina, $C_{21}H_{20}Cl_2O_3$, (composto sintético utilizado em insecticidas, repelentes e acaricidas), óleo mineral e destilados de petróleo (Hilditch, 1980).



Figura 1.15 – Exemplo de um tratamento da madeira Cuprinol. (Habitintas, 2012)

✓ **Vernizes:**

A madeira é atacada por raios solares, chuva, insectos e microorganismos que chegam, por vezes, a destruí-la. Assim, devemos protegê-la desse ataque de modo a que mantenha as propriedades mecânicas, ao mesmo tempo que a embelezamos, fazendo realçar os veios e a cor.

As madeiras resinosas novas, como, por exemplo, o pinho, devem ser envernizadas com vernizes aquosos pois estes são menos problemáticos para este tipo de madeiras (CIN, Ficha de dados de segurança, 2014).

Composição química dos vernizes: Os vernizes são essencialmente constituídos por compostos orgânicos voláteis (COV'S).

1.5. Materiais com potencial toxicidade

Enquanto as construções dos nossos antepassados eram feitas de materiais naturais, as construções correntes podem conter numerosas combinações de químicos e metais pesados, quer libertando para o ar interior das habitações elevadas quantidades de produtos químicos, quer mesmo contaminando a água que bebemos.

A toxicidade de um material representa os efeitos nocivos para o ser humano e o ecossistema que o rodeia. Cada material utilizado num edifício deve ser devidamente analisado, especialmente as suas especificações técnicas e no seu processo de fabrico com vista à identificação de compostos químicos potencialmente tóxicos.

1.5.1. Amianto

Uma substância tóxica que poderá ser encontrada nas recolhas que foram efetuadas e de acordo com o que parece bibliograficamente mais previsível, sendo prejudicial à saúde, é o amianto. Segundo o decreto de lei n.º 266/2007 de 24 de Julho, o amianto é uma fibra mineral, com um comprimento de 5µm e diâmetro inferior a 3µm. Exibe propriedades de isolamento térmico, incombustibilidade, resistência e facilidade em ser tecida. Estas propriedades, bem como o seu baixo custo, justificam a sua utilização em diversos setores de atividade. Desde o século XVIII que o amianto tem sido usado para as mais variadas aplicações, como: juntas estanques, isolamentos térmicos, filtros, tubos para água sob pressão ou esgotos, vestuário para bombeiros e soldadores, placas de fibrocimento, calços para travões, embraiagens ou revestimentos para pavimentos (Santos, 2004). Esta substância pode trazer graves problemas de saúde quando inalada, podendo provocar a amiantose (ou asbestose), atinge os bronquíolos e os alvéolos provocando uma fibrose pulmonar progressiva, que vai dar origem a uma insuficiência respiratória grave ou a uma neoplasia. O cancro do pulmão ou o mesotelioma é uma potencial consequência da sua inalação. O mesotelioma da pleura é um tumor raro com origem nas células mesoteliais. Não se conhecem níveis seguros para exposição ao amianto. O intervalo de tempo entre a exposição ao amianto e os primeiros sintomas da doença pode chegar aos 30 anos (período de caracterização da

doença). Existem vários exemplos de grande número de mortes provocadas por esta substância, como:

- O testemunho da queda das torres gêmeas, no ataque terrorista a Nova Iorque de 11 de Setembro de 2001: uma vez que tinha sido utilizado amianto na sua construção, quando demoliram os escombros, os fumos foram inalados pelos trabalhadores presentes no local. Este fenómeno levou há ocorrência de vários mortos (Ferraio, 2014).
- Na Grã-Bretanha, morrem por ano cerca de 3 mil pessoas vítimas de doenças causadas por exposição ao amianto e prevê-se que esse número continue a aumentar. Destas 3 mil pessoas, 25% trabalham nos sectores da construção civil ou manutenção de edifícios.
- Na Suécia, os efeitos a longo prazo da exposição ao amianto (mesotelioma da pleura) provocam um número de mortes superior ao da totalidade dos acidentes de trabalho (Santos, 2004) ; (FACTS, 2004) (Ferreira, Bragança, Dias, Afonso, & Brito, 2010).

Para além do amianto existem diversos materiais de construção que poderão apresentar níveis de toxicidade superiores ou inferiores a esta substância. Alguns exemplos de materiais que apresentam elevado grau de toxicidade são as tintas e os vernizes, que para além da libertação de COV's (compostos orgânicos voláteis que possuem alta pressão de vapor sob condições normais, a ponto de vaporizar significativamente e entrarem na atmosfera), ainda englobam um conjunto de agentes com poder cancerígeno; alguns materiais plásticos como polietileno, o polipropileno, o policloreto de vinilo e colas sintéticas. Quanto à toxicidade em caso de incêndio, como vários isolamentos térmicos possuem elevada combustibilidade a libertação de fumos tóxicos por exemplo, fibra de vidro, lã mineral, poliuretano, entre outros. Os que potencialmente mais problemas causam na sociedade atual são os materiais com substâncias radioativas, por exemplo o betão leve, os tijolos de cerâmica e o gesso natural.

1.5.2. Ródio

O ródio (Rh) é um metal dúctil de coloração branco/prateado, cristaliza com estrutura cúbica compacta, sendo um ótimo refletor de luz. O ródio compacto é completamente insolúvel em todos os ácidos, inclusive em água-régia. Este elemento químico é normalmente encontrado em minas de platina e é utilizado como catalisador em algumas ligas de platina. Apresenta um ponto de fusão ao da platina e uma menor densidade. (Alves, Silva, & Guerra, 2010)

A principal aplicação deste elemento é como agente ligante para endurecer platina (Pt) e paládio (Pd). Estas ligas são usadas em bobinas de fornos, buchas para o fabrico da fibra de vidro, componentes de termopares para elevadas temperaturas, eléctrodos de ignição (velas) para aeronaves, e cadinhos para laboratório. Também é utilizado noutras aplicações, como:

- Material de contacto elétrico (conectores), devido a sua baixa resistência elétrica e elevada resistência à corrosão;
- Revestimentos de ródio metálico, obtidos por electrodeposição ou evaporação, devido à sua elevada dureza e reflexão ótica, que são utilizados para a produção de instrumentos óticos;
- Produção de joias e objetos de decoração;
- Em numerosos processos industriais, como catalisadores e na carbonização do metanol para a formação do ácido acético.

Os compostos que possuem ródio raramente são encontrados pelas pessoas, no entanto devem ser considerados tóxicos e cancerígenos. Os compostos de ródio mancham fortemente a pele humana. A substância libertada pelo ródio pode ser absorvida pelo organismo por inalação do aerossol. (Alves, Silva, & Guerra, 2010)

1.5.3. Radão

O radão (Rn) é um elemento gasoso radioativo, enquadrado dentro dos chamados "gases nobres". Na forma gasosa, é incolor, inodoro e insípido, na forma

sólida tem cor avermelhada. Este elemento provém de solos e rochas, sendo que as concentrações mais elevadas ocorrem usualmente em zonas de rochas graníticas.

Quando existe uma elevada concentração de radão no ambiente, o gás entra em contato com os pulmões por inalação. Essa incorporação é considerada uma contaminação radioativa. As partículas alfa emitidas pelo radão são altamente ionizantes, mas têm pouco poder de penetração, não sendo capazes de atravessar a nossa pele ou uma simples máscara. No entanto, ao inalar o gás, esse raro poder de penetração converte-se num problema, já que as partículas não conseguem escapar de nosso corpo e depositam nele a sua energia, podendo provocar lesões ou patologias de gravidade diversa, de acordo com a quantidade inalada. (Afonso, 2009); (Segurança, 2015)

Existem vários estudos epidemiológicos realizados nos últimos anos em Países Europeus e Norte-Americanos que vieram revelar o facto de a exposição prolongada ao gás radioativo radão, que se acumula no interior das habitações e dos edifícios em geral, ser responsável por uma parte importante dos casos de cancro do pulmão. (Carvalho, 2009)

1.5.4. Chumbo

O Chumbo (Pb) inclui-se no grupo dos metais pesados, sendo bastante nocivo a grande parte dos organismos (dentre eles o humano). Em condições ambientais o chumbo é sólido, maleável e de cor branco azulada se for cortado recentemente, caso contrário, quando exposto ao ar, adquire coloração acinzentada. Não é encontrado puro na natureza, mas sim, em forma de compostos minerais, geralmente, sulfurados (como o sulfeto de chumbo).

As principais aplicações do chumbo são nomeadamente em baterias de chumbo (acumuladores para automóveis). Pela sua resistência á corrosão, o chumbo pode ser utilizado para o manuseamento de ácidos (como o sulfúrico) e em ligas metálicas para o fabrico de solda, fusíveis e revestimentos elétricos.

O chumbo é extremamente tóxico (principalmente em crianças), quando a exposição ocorre em doses elevadas. Assim, a quantidade presente nos alimentos que

consumimos não pode exceder certos limites. Medidas para eliminar ou reduzir o uso de chumbo numa gama de produtos, incluindo a gasolina, alimentos e latas de bebidas, pintura habitacional, e condutas de água potável, têm contribuído para um declínio considerável dos níveis de chumbo no sangue em todos os grupos populacionais. Atualmente, a via mais comum de exposição ao chumbo residencial é através da ingestão de pó contaminado derivado de tinta de chumbo deteriorada. (Matte & Jacobs, 2000) Para o ser humano, o chumbo pode provocar as seguintes doenças:

- Anemia;
- Aumento da pressão sanguínea;
- Danos nos rins;
- Abortos;
- Deformações ao feto a partir da placenta da mãe;
- Deficiência auditiva;
- Reduzida estatura. (Moreira & Moreira, 2004); (Jacobs, et al., 2002)

1.5.5. Dióxido de titânio

O dióxido de titânio (TiO_2) é especialmente útil para o tratamento de água não potável, funcionando como um filtro. O material é eficiente e tem baixo custo, bloqueando a passagem de quaisquer contaminantes. Também é usado na forma de pigmento adicionado em tintas, papel, plásticos, entre outros. (Torgal & Jalali, 2010); (Adams, Lyon, & Alvarez, 2006)

As principais aplicações do dióxido de titânio são detalhadamente:

- Corante industrial – este corante apresenta cor branca e é essencialmente utilizado devido ao seu brilho, alto índice de refração e baixa deterioração ao longo do tempo. Também é aplicado de forma a tornar mais brancas e opacas as tintas, revestimentos, plásticos e papéis;
- Corante dentífrico – grande parte das pastas de dentes contém dióxido de titânio de forma a criar uma pasta mais branca;
- Corante alimentar – encontrado em pastilhas elásticas, rebuçados e gelados brancos, sendo estes apenas alguns dos exemplos;

- Corante têxtil – utilizado em tecidos sintéticos, consegue um branco perfeito devido ao dióxido de titânio;
- Cosmético – é usado em cosméticos para a pele e protetores solares;
- Construção civil – vários materiais de construção como, cimento branco, cerâmicas e revestimentos brancos têm na sua constituição dióxido de titânio;
- Medicamentos. (Bradley, 2011)

As principais vias de exposição ao dióxido de titânio são a nível pulmonar e oral, podendo passar pelas barreiras celulares por fagocitose ou através do bolbo olfatório, deslocando-se pelo corpo através do sistema circulatório e linfático. Deste modo, estas partículas atingem diversos órgãos como: o sistema nervoso central, medula óssea, fígado, coração e os gânglios linfáticos. Devido à sua elevada estabilidade, pode permanecer no corpo e no ambiente por longos períodos de tempo. (Torgal & Jalali, 2010)

1.5.6. Organoclorados (Dioxinas e fluranos)

As dioxinas e os fluranos são resíduos químicos descendentes de processos industriais que envolvem cloro, como por exemplo os procedimentos relacionados com a produção de PVC. São compostos extremamente tóxicos para a saúde, com a agravante de serem bioacumuláveis no organismo. Essa perigosidade estende-se por óbvias razões à biodiversidade por via da contaminação de toda a cadeia alimentar. (Torgal & Jalali, 2010)

1.5.7. Compostos Orgânicos Voláteis (COV's)

Poluentes atmosféricos libertados por materiais de construção contendo solventes orgânicos como tintas, vernizes e outros. Além disso os COV's contribuem para a formação de ozono troposférico, um gás que provoca efeito de estufa. A redução da ventilação no interior das habitações (para minimização dos gastos energéticos) pode contribuir para aumentar o volume destes poluentes e agravar os seus efeitos sobre a saúde. (Torgal & Jalali, 2010)

1.5.8. Ftalatos

Os ftalatos são grupos de compostos químicos derivados do ácido ftálico, utilizado como aditivo para reduzir a rigidez dos materiais plásticos. O caso mais conhecido de materiais de construção que utilizam ftalatos na sua composição diz respeito ao PVC, tanto em caixilharias como em canalizações para águas e esgotos. São vários os estudos que comprovam a toxicidade desses compostos para a saúde humana. A toxicidade faz-se sentir não só ao nível da contaminação de toda a cadeia alimentar, devido aos resíduos gerados na produção de PVC, mas também pela ingestão de água a partir de canalizações de PVC. (Rio, 2002)

1.6. Amianto

O amianto ou asbestos é uma fibra de origem mineral, derivada de rochas metamórficas, que devido a um processo natural de recristalização se transformam em material fibroso. Possui notáveis propriedades mecânicas e químicas. Em Portugal foi utilizado em grande escala entre os anos 40 e 90 do século XX.

O amianto é composto por silicatos hidratados de magnésio, ferro, cálcio e sódio. Divide-se em dois grandes grupos: Serpentina (crisólito) e Anfíbolos (amosite, antofilite, crocidolite, actinolite e tremolite).

Tabela 1.8 - Tipos de fibras de amianto. (ACSS, 2008)

Tipo de fibras de amianto	Grupo	Mineral	Cor	Composição química	Estrutura Cristalina
	Serpentina	Crisólito	Branca	$(\text{Mg, Fe, Ni})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Monoclínica
	Anfíbola	Amosite	Cinzento-escura	$\text{Fe}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Monoclínica
		Antofilite	Castanho-escuro	$(\text{Mg, Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Bipiramidal
		Crocidolite	Azul	$\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Monoclínica
		Actinolite	Branca ou cinza	$\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Monoclínica
		Tremolite	Branca a Verde escura-	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Monoclínica

O amianto é um dos mais importantes agentes tóxicos cancerígeno que se encontra presente na maioria dos edifícios. Nas últimas décadas do século XX, ocorreu uma utilização em grande escala de materiais contendo amianto, em edifícios urbanos. Uma das principais causas da utilização do amianto foi o seu preço acessível e as boas características como a resistência ao fogo, bem como, ser considerado um bom isolamento térmico e acústico (Pereira A. L., 2008).

1.6.1. Materiais utilizados na construção que contêm amianto

Tabela 1.9 - Materiais que contêm amianto e o seu teor em cada elemento. (Pereira A. L., 2008)

Tipo de material e teor de amianto	Função comum	Onde se aplica	Estado
Revestimentos aplicados à pistola (10% a 25% de amianto)	Isolamento térmico e acústico, proteção contra incêndios	Em estruturas de aço, edifícios antigos que sofreram remodelações. Em tetos e vãos atuando como barreiras corta-fogo	Friável
Revestimentos de pisos (até 25% de amianto)	Resistência mecânica contra o desgaste	Em pavimentos como rolo ou mosaico	Não friável
Materiais de enchimento (até 100% de amianto)	Isolamento térmico e acústico	Em sótãos, portas de courette, caixas-de-ar de parede dupla, portas corta-fogo, argamassa em furação para fixação de equipamentos elétricos	Friável
Guarnições, embalagens, cordões e tecidos (de 1% a 100% de amianto)	Isolamento térmico e vedante	Em tubagens e caldeiras (mantas de amianto); Recipientes sobre pressão; Selantes resistentes ao calor (cordão de isolamento em juntas de tubagens, selagem de caldeiras e condutas); Argamassas para assentamento de alvenaria	Friável
Paredes, painéis e tetos falsos (até 100% de amianto)	Proteção contra incêndios, isolamento térmico e acústico	Painéis sanduiche, divisórias, placas para tetos, revestimentos de fornos	Friável
Cartão, papel e produtos de papel (90% a 100% de amianto)	Isolamento térmico e proteção contra incêndios em geral	Em materiais compósitos com aço, revestimentos de paredes e coberturas, revestimento de painéis combustíveis, laminados resistentes ao fogo e tubos	Friável

Fibrocimento (10% a 15% de amianto)	Revestimento de parede e proteções contra intempéries	Em forros de paredes e tetos, proteções de lareiras, pisos flutuantes, revestimentos, produtos moldados pré-fabricados (caixilhos de janelas, lajes para calçadas, cisternas e tanques, coletores e condutas de águas, esgotos e incêndio, condutas de ventilação, calhas e condutas para cabos, etc)	Não friável
Produtos betuminosos (10% a 25% de amianto)	Impermeabilização e revestimento	Em coberturas, tubos de queda, feltros betuminosos e impermeáveis para coberturas, impermeabilização de caleiras e tubos para escoamento pluvial, em mantas de paredes exteriores	Não Friável
Mástiques, Selantes e tintas (5% a 10% de amianto)	Impermeabilização	Em selagem de janelas e pisos, tintas texturadas e em elementos metálicos estruturais	Não Friável
Plásticos reforçados e proteção de cabos elétricos (5% a 25% de amianto)	Revestimento, proteção contra o choque	Em painéis plastificados, batentes de janelas	Não Friável

1.6.2. Recolha do amianto para a realização do ensaio

O diagnóstico é uma ferramenta fundamental no âmbito da demolição ou remodelação de um edifício. É de importância absoluta e indispensável saber em que locais e em que quantidades existem materiais contendo amianto, por forma a evitar a possível exposição de terceiros às fibras ou poeiras de amianto. A realização do diagnóstico de amianto no edifício, passa por uma visita preliminar em que é necessário recolher a máxima informação possível sobre o mesmo (ano de construção, remodelações, plantas, fichas técnicas de materiais, etc.), seguida de uma vistoria a todas as áreas a serem diagnosticadas de forma a conhecer o local em questão. Posteriormente a esta análise preliminar, é que é possível decidir qual o tipo de diagnóstico a realizar.

Existem três tipos possíveis de abordagem na realização de um diagnóstico de amianto.

- **Tipo 1:** Não Intrusivo – Localizar e Avaliar Risco (sem recolha de amostras).
- **Tipo 2:** Intrusivo / Não destrutivo – Localizar, Recolher Amostras, Avaliação de Risco.
- **Tipo 3:** Intrusivo / Destrutivo – Acesso total, Recolher Amostras, Avaliação de Risco.

Neste ensaio, ocorrido numa escola no distrito de Vila Real, procedeu-se a uma recolha do tipo 2. Isto é, numa primeira recolha obteve-se uma amostra no local por forma a avaliar o estado dos materiais. Inicialmente realizou-se uma recolha ao nível mais superficial da estrutura que continha também musgo, existente na cobertura de placa de fibrocimento. Após a remoção da camada de musgo realizou-se uma nova recolha e finalmente foi obtida uma recolha mais profunda.

1.7. Técnicas de medição de nanopartículas

Atualmente, existem diversas técnicas para a deteção, quantificação e caracterização de nanopartículas. Não podendo dizer que existe um método “melhor”, mas sim um método escolhido para equilibrar o tipo de amostra, as informações exigidas, limitações de tempo e o custo de análise.

Uma técnica inicial pode apenas detetar a presença de nanopartículas, posteriormente outras darão a quantidade, o tamanho ou a área de superfície e assim sucessivamente.

A quantidade de amostra necessária para a análise pode variar e limitar a escolha da técnica, podendo às vezes as amostras não ser capazes de suportar os tratamentos.

As diferentes técnicas fornecem informação sobre os diferentes elementos químicos e as partículas são medidas para avaliar a exposição ocupacional e os riscos para a saúde (Pereira J. C., 2010).

As técnicas de medição estão em constante evolução, sendo melhoradas pela pesquisa.

Como referido anteriormente, existem distintas técnicas de medição, no entanto vão enumerar-se apenas algumas delas na Tabela 1.10.

Tabela 1.10 - Identificação de algumas técnicas de medição. (University of Essex for Nanocap)

Técnicas	Medição	Amostra	Sensibilidade
Microscopia eletrónica de transmissão (MET)	Tamanho da partícula e caracterização	< 1 µg tem de ser preparado como uma película fina e ser estável sob um feixe de eletrões e alto vácuo	Até 1 nm
Microscopia eletrónica de varrimento (MEV)	Tamanho da partícula e caracterização	A amostra deve ser condutora ou tem de ser revestida, é mais simples que TEM	Até 1 nm
Microscopia de força atómica (MFA)	Tamanho da partícula e caracterização	As amostras devem aderir a um substrato, ser rígidas e dispersas pelo substrato. Deverão ser amostras gasosas ou líquidas.	1 nm – 8 µm
Espectroscopia de Correlação de Fótons (FCE)	Tamanho da partícula	Amostra em suspensão numa substância diluída.	1 nm – 10 µm
Contador de condensação de partículas (CPC)	Número de concentração de partículas	Aerossol, concentrações de 0 a 100 000 partículas/cm ³ .	2,5 a > 3 nm
Difracção de Raio-X (DRX)	Medir a partícula (grandes quantidades de amostra)	Amostras cristalinas maiores (>1 mg).	Até 1 nm

Para a realização deste trabalho utilizaram-se as técnicas: Microscopia Eletrônica de Varrimento (MEV), Espectroscopia Dispersiva Raios-X (EDS) e Difração de Raios-X (DRX).

1.7.1. Microscopia Eletrônica de Varrimento

A Microscopia Eletrônica de Varrimento, tal como a de Transmissão, baseia-se na interação de um feixe de elétrons com a amostra em estudo. A energia do feixe varia entre os 0,5 keV e os 50 keV. Esta intensidade, tal como o diâmetro do feixe, são muito menores que as utilizadas em TEM pois esta técnica retira informação dos elétrons refletidos e não dos transmitidos. Outra diferença fundamental entre as duas técnicas é que, enquanto em MET o feixe se encontra estático, em MEV é defletido com recurso a bobinas. A informação obtida por MEV não se limita apenas a criar uma imagem da amostra, é também capaz de fornecer a sua caracterização elementar. Quando os elétrons colidem com a amostra é gerada uma grande variedade de sinais, porém os que fornecem mais informação são os elétrons secundários, elétrons retrodifundidos e Raios-X. Os elétrons secundários são arrancados da superfície do material e são utilizados para gerar a imagem da sua topologia. Os elétrons retrodifundidos são elétrons do feixe principal que foram defletidos pelos átomos do interior da amostra. Com eles é também possível criar uma imagem da amostra (embora com menos definição) tendo em conta o número atômico dos elementos que a compõem. Os raios-X emitidos possuem uma energia característica a partir da qual é possível identificar os elementos químicos que compõem a amostra permitindo a sua análise elementar. Este tipo de análise denomina-se de Espectroscopia de Dispersão de Energia (EDS). Nesta microscopia também é possível quantificar os elementos presentes através de Espectroscopia por Dispersão de Comprimento de Onda (EDCO, WDS). (Olea, 2002)

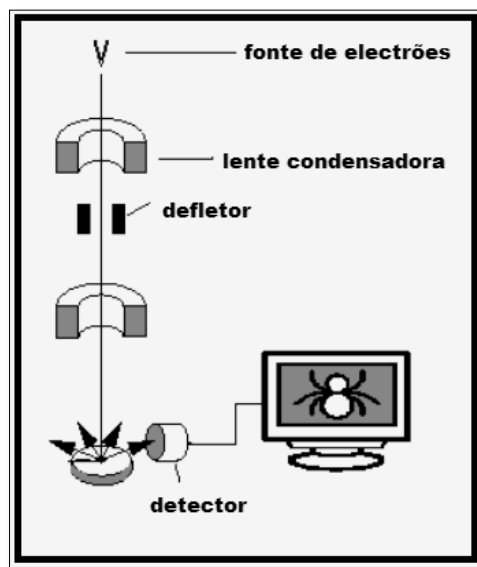


Figura 1.16- Esquema da interação do feixe de eletrões com uma amostra. (Olea, 2002)

1.7.2. Difração Raio-X

A difração de Raios-X é uma técnica de identificação da estrutura de materiais. Permite uma análise qualitativa e semi-quantitativa dos elementos químicos na superfície dos materiais. É uma das principais técnicas de caracterização microestrutural de materiais cristalinos cuja aplicação principal é a identificação de compostos cristalinos, tanto inorgânicos como orgânicos.

Na difração Raio-X, cada material cristalino possui características únicas e específicas como é o caso dos planos cristalinos e das suas respectivas distâncias interplanares, assim como as densidades atômicas ao longo de cada plano. Esses critérios são a base de um padrão difratométrico, que permite a identificação do material através das posições angulares e intensidades relativas dos feixes difractados. (Antoniassi, 2010)

A radiação que surge de um feixe de eletrões, a partir de uma diferença de potencial na ordem de 35 kV, entre um cátodo e um alvo metálico (geralmente de cobre) funcionando com ânodo, e em que todo o processo ocorre em vácuo. Os Raios-X são difratados pelos átomos dos diferentes planos de um cristal, separados pela distância d . Parte da radiação incidente é refletida pelo primeiro plano de átomos, contudo a restante

radiação penetra na estrutura, sendo refletida pelos restantes planos de átomos anteriores. (Reis, 2014)

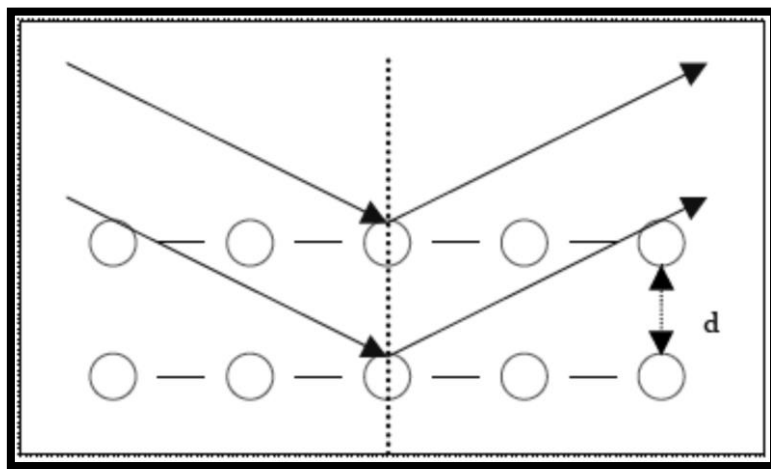


Figura 1.17 - Esquema bidimensional da difração dos Raios-X por dois planos paralelos de um cristal, separados pela distância **d**. (Monteiro, 2005)

Um espectro de difração de Raios-X consiste numa sequência de picos caracterizados pelas suas posições, intensidades e larguras. Existem fatores que promovem o alargamento dos padrões de difração, nomeadamente: o tamanho de grão e as tensões uniformes e não uniformes. (Reis, 2014)

Capítulo 2

Procedimiento experimental

2.1. Reabilitação urbana

2.1.1. Apresentação do edifício

Para verificar os componentes químicos existentes na obra exposta para reabilitação urbana no centro histórico da cidade do Porto, na Praça das Cardosas procedemos a uma primeira recolha no início da obra, a 30 de Janeiro de 2014. O edifício a ser reabilitado encontra-se ilustrado na Figura 2.1 e foi construído no início dos anos 40.



Figura 2.1- Obra de reabilitação urbana, Porto.

O edifício, após reabilitação, será um posto de turismo, possuindo o nome de Porto Welcome Center. Este posto apresentará diversas divisões como se pode verificar na planta geral do projeto.

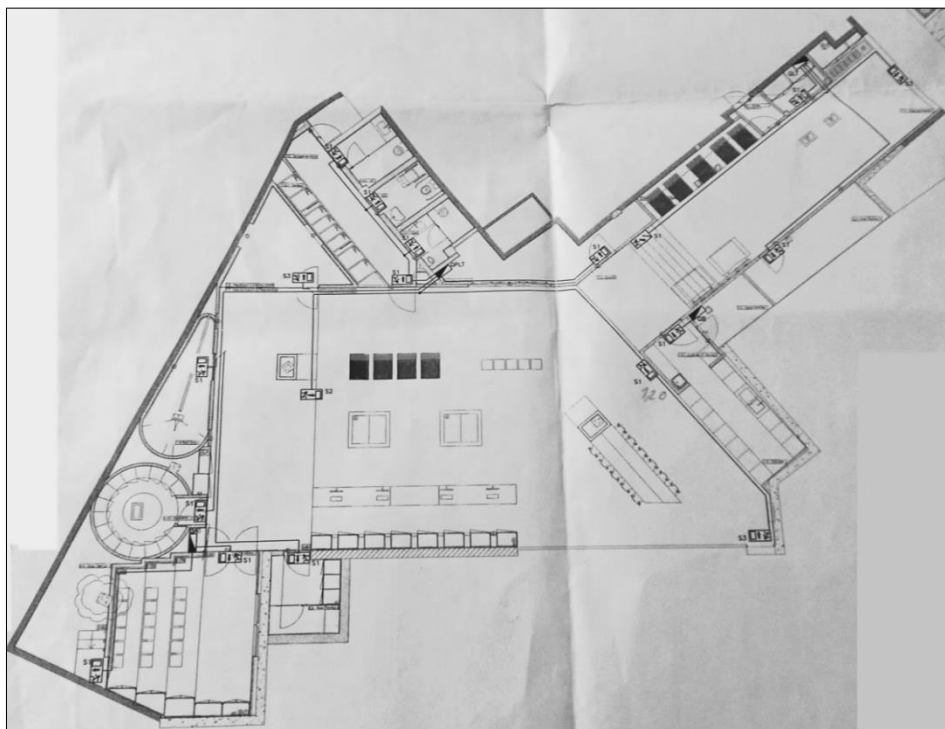


Figura 2.2 - Planta do posto de turismo reabilitado na Praça das Cardosas, no Porto.

2.1.2. Recolha de amostras e acondicionamento

Para garantir uma amostragem significativa, a recolha foi feita em diversos locais. Foi utilizada uma espátula para a recolha de partículas e caixas isoladas para as guardar e acondicionar. Este processo foi realizado em duas fases, sendo elas apresentadas nas figuras seguintes.



Figura 2.3- Ilustração da recolha das partículas existentes no edifício a reabilitar

1ª Fase:

- **Junto à garrafeira**

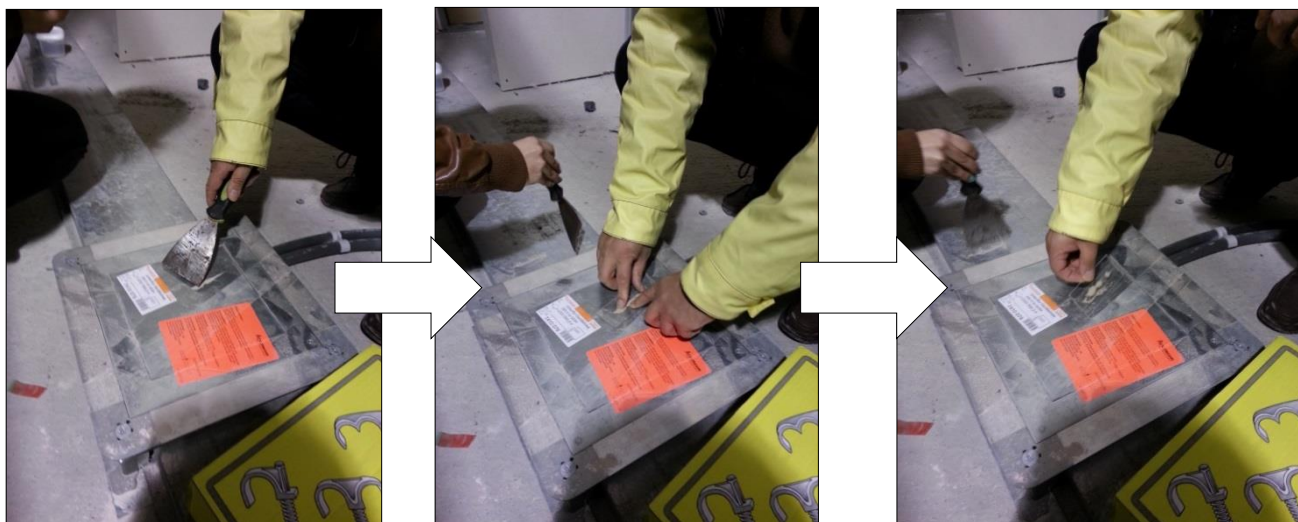


Figura 2.4- Imagens da recolha de amostras da 1ª Amostragem, efetuada junto à garrafeira.

- **Entrada Principal**



Figura 2.5 - Imagens da recolha de amostras da 1ª Amostragem, efetuada na entrada principal.

- **Entrada pelo pátio**



Figura 2.6- Imagens da recolha de amostras da 1ª Amostragem, efectuada na entrada pelo pátio.

- **WC**

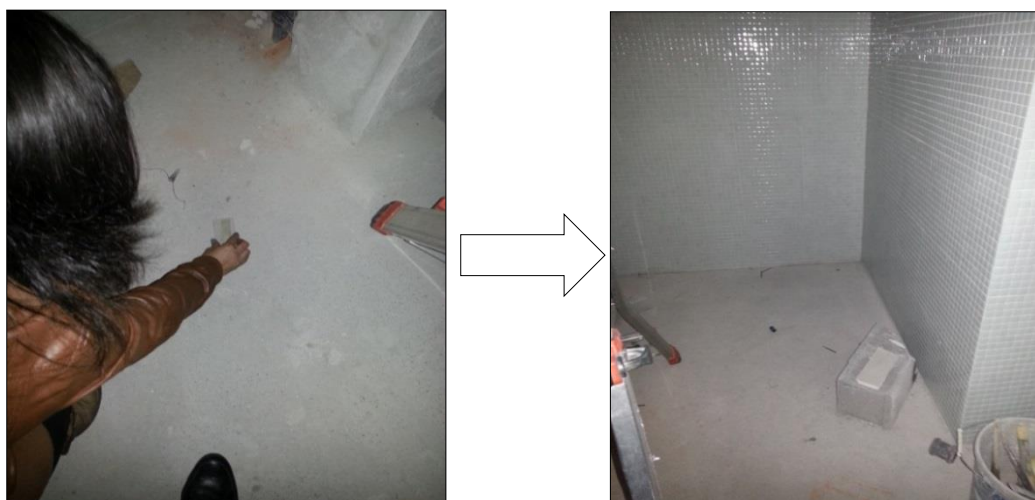


Figura 2.7- Imagens da recolha de amostras da 1ª Amostragem, efectuada no WC.

2ª Fase:



Figura 2.8 - Zona perto da garrafeira.

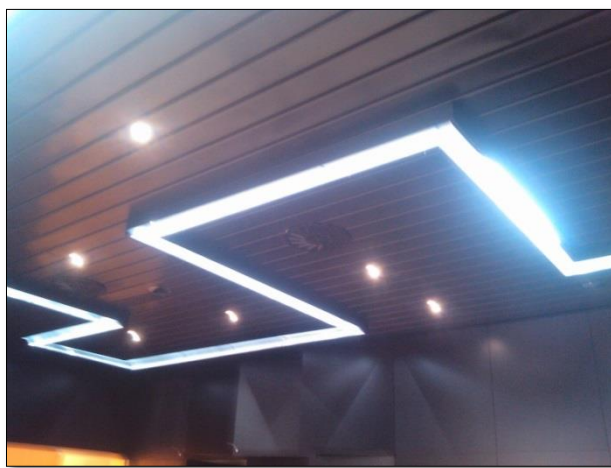


Figura 2.9 – Vistas dos tetos

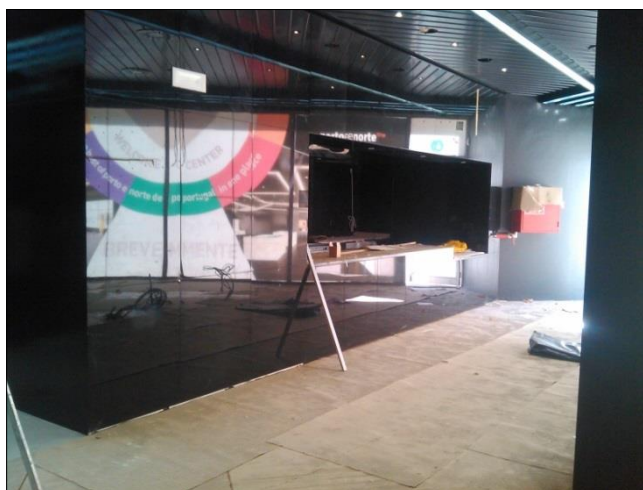


Figura 2.10 - Entrada pelo pátio.

Após recolha, as amostras foram observadas em Microscópio Eletrónico de Varrimento (MEV). O equipamento de EDS, acoplado ao MEV permitiu a obtenção da composição química elementar (Figura 2.13). Depois desta primeira análise as amostras foram analisadas por difração de Raios-X, (DRX), de forma a permitir uma análise dos compostos cristalinos presentes. Para usar esta técnica foi necessário proceder á moagem das partículas num almofariz, e posteriormente foi realizada uma dispersão em etanol, num equipamento de ultra-sons, à temperatura de 40 °C por 10 minutos. Após este processo foram colocadas em caixas isoladas para secagem.



(a)



(b)

Figura 2.11 - Copos plásticos com partículas envolvidas em etanol (a) e máquina de ultra-sons (b)

Após reabilitação do edifício recolheu-se a segunda amostragem. As amostras sofreram os mesmos processos, tanto de recolha como de observação, que os realizados na 1ª amostragem.

O estudo efetuado em MEV (MEV/ESEM FEI QUANTA – 400), foi feito após preparação das diferentes amostras, que foram colocadas sobre pinos de alumínio e fixadas com cola. Para a visualização foi utilizado o modo de Baixo Vácuo, tendo sido usada uma pressão parcial no interior da câmara de 1,33 mbar e uma tensão de aceleração de 30 kV. Foram tiradas várias fotomicrografias, com resoluções distintas.

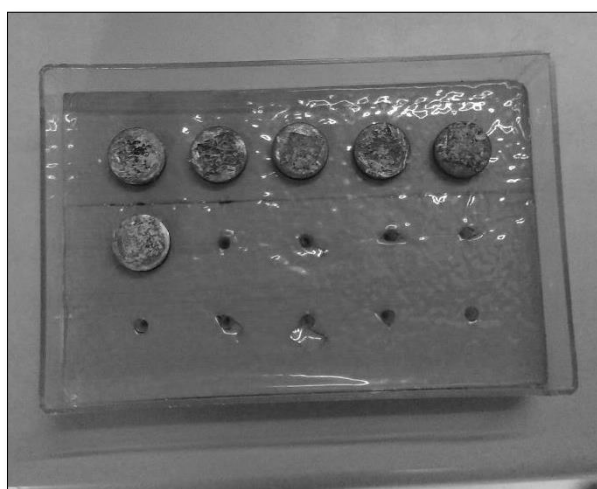


Figura 2.12 – Amostras colocadas sobre os pinos de alumínio

Para obter os difratogramas de Raio-X, foi utilizado o equipamento PANalytical modelo X'Pert PRO com detetor X'Celerator. As amostras foram colocadas num porta-amostras padrão. A energia usada na produção da radiação X foi de 40 kV a 30 mA. O comprimento de onda (λ) do Raio-X utilizado no ensaio foi de 1,542 Å (1,542 Å para Cu K α). A aquisição foi efetuada na geometria Bragg-Bentano entre $10 < 2\theta < 80$, durante aproximadamente 30 min. Posteriormente, para a elaboração e recolha dos dados utilizou-se o “software” OriginPro®.



Figura 2.13 - Microscópio Eletrónico de varrimento

2.2. Amianto

2.2.1. Apresentação do edifício

O edifício em estudo localiza-se a Norte de Portugal, mais precisamente na cidade de Vila Real. Pelo que foi constatado o ano de construção do edifício em estudo ronda a década de 60. Significa que os materiais aplicados na cobertura, nomeadamente as placas de fibrocimento, têm aproximadamente 53 anos. Por questões burocráticas e de privacidade, não é possível fazer referência ao local onde foram efetuadas as recolhas.

2.2.2. Recolha de amostras e acondicionamento

Relativamente ao local em estudo, este é constituído por vários blocos/anexos, e no que toca à recolha, esta apenas foi efetuada em dois anexos.

As ilustrações seguintes revelam o estado das coberturas em estudo.

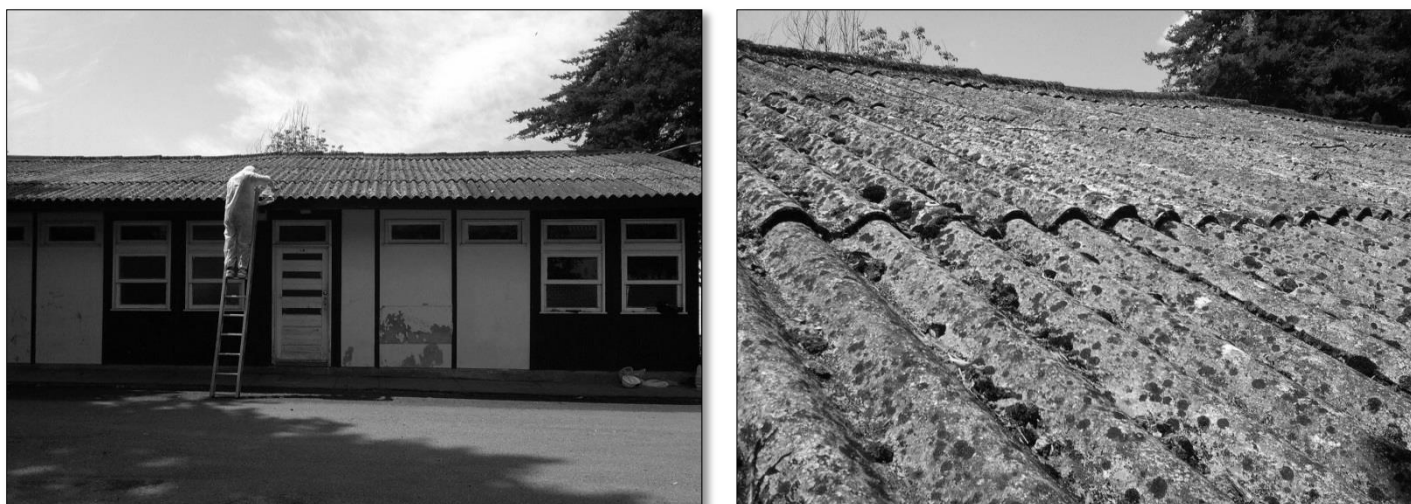


Figura 2.14 – Fachada e cobertura, respectivamente.

Foram efetuados três tipos de recolhas. Uma recolha na zona mais superficial à placa, onde esta continha vegetação (musgo), por baixo do musgo e após sua remoção. Efetuou-se uma nova recolha superficial e por fim efetuou-se uma recolha mais profunda.



Figura 2.15 - Amostras relativas ao amianto recolhido

As amostras ilustradas na figura 2.15 foram submetidas com o mesmo procedimento experimental que as amostras recolhidas no edifício situado no Porto.

Capítulo 3

Apresentação e análise dos resultados

3.1. Reabilitação urbana

3.1.1. Comparação de 1ª e 2ª Amostragem

3.1.1.1. MEV

- **Entrada Principal**

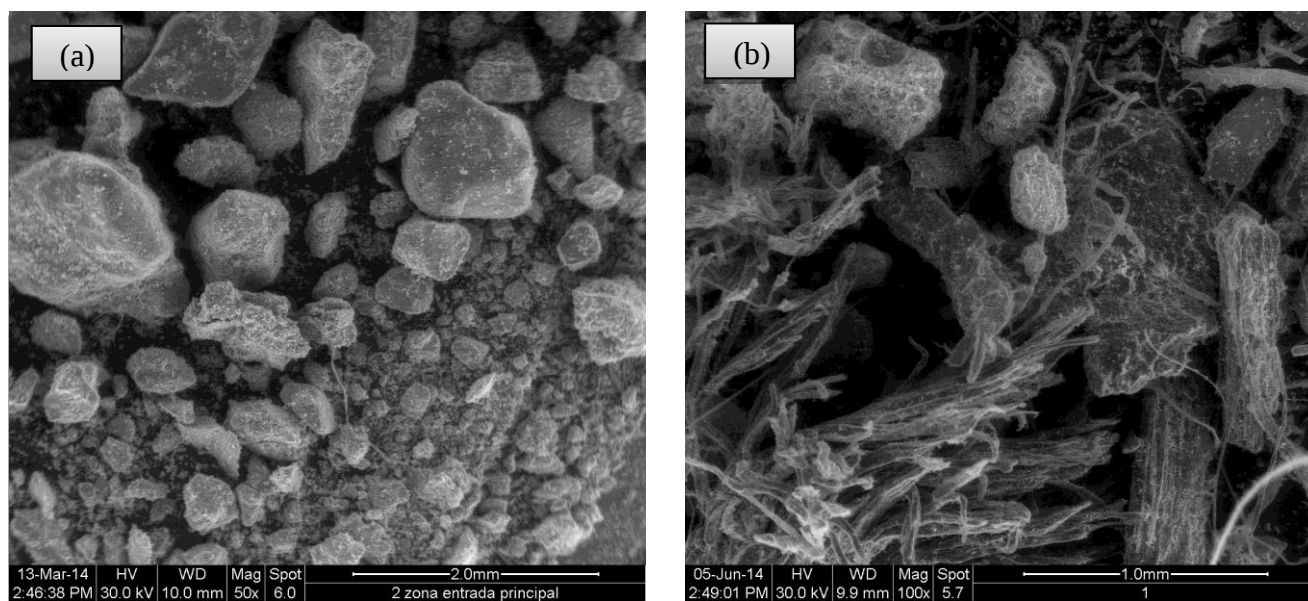


Figura 3.1 - Imagens da microscopia de varrimento comparando a primeira amostra (a) com a segunda (b) nesta zona, com ampliação 50x e 100x, respectivamente

➤ **Tamanho:**

Para as primeiras amostras a menor dimensão das partículas é de 92,20 μ m e a maior dimensão é de 1365,15 μ m.

Para as segundas amostras a menor dimensão das partículas é de 31,25 μ m e a maior dimensão é de 937,5 μ m. Relativamente a esta figura 3.1 não podem ser comparados os tamanhos uma vez que as ilustrações (a) e (b) apresentam ampliações diferentes.

➤ **Heterogeneidade:**

As primeiras amostras são equivalentes em relação às características de forma, mas bastante distintas em relação ao tamanho.

As segundas amostras são distintas em relação às características de forma, apresentando variadas formas e tamanhos. Houve uma significativa alteração da primeira para a segunda amostragem. Enquanto na primeira, a forma é semelhante em todas as

partículas alterando apenas o tamanho, na segunda existem diversas formas, aparecendo também diversos filamentos o que não acontecia na primeira fase.

➤ **Forma:**

Relativamente às primeiras amostras, como nos evidencia a figura 3.1, as partículas são elementos de formas arredondadas, sendo algumas pontiagudas. Podem ter diversas dimensões, as quais variam de 92,20 μ m a 1365,15 μ m.

As segundas amostras, da mesma zona, apresentam diversas diferenças, relativamente à forma. Exibem a forma de fios e algumas apresentam forma oval. Não tendo a mesma ampliação relativamente às duas amostragens, foi avaliada a ampliação mais próxima.

• **Junto à garrafeira**

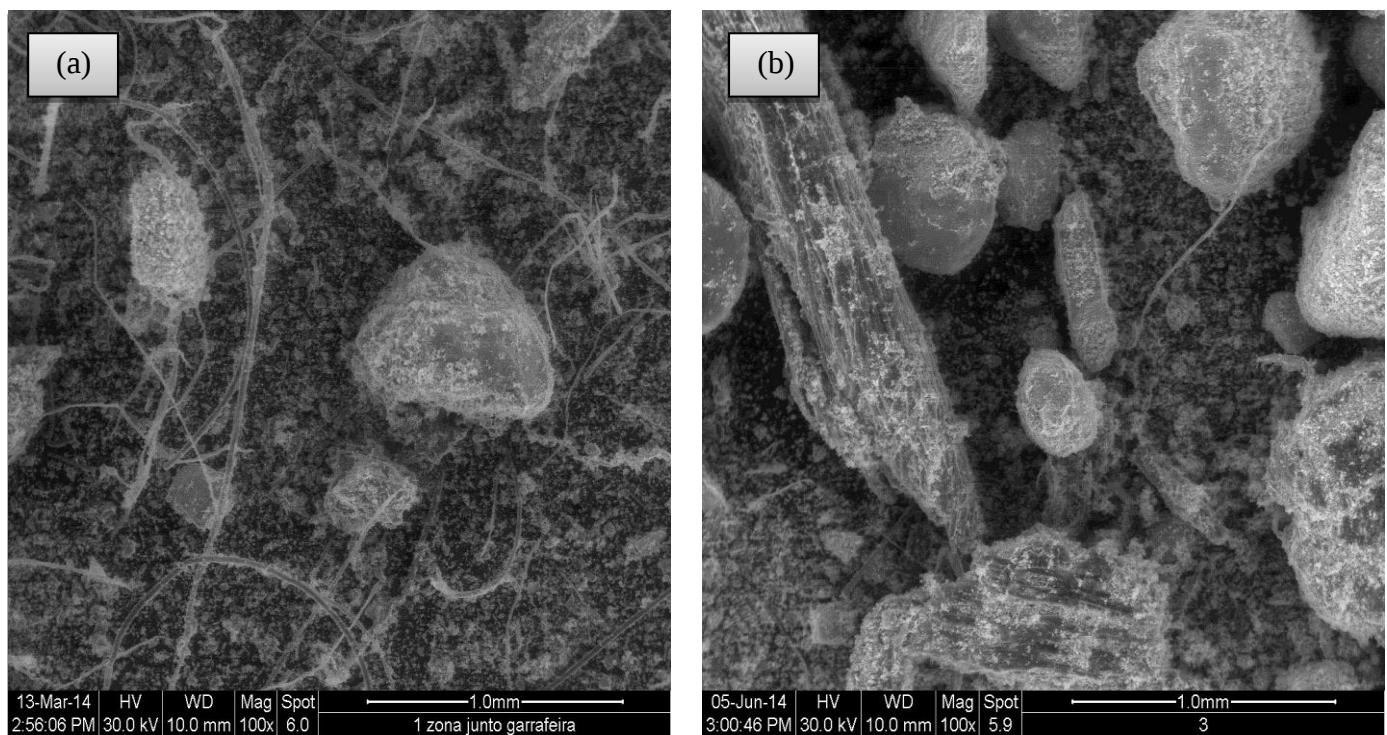


Figura 3.2 - Imagens da microscopia de varrimento comparando a primeira amostra (a) com a segunda (b) nesta zona, com ampliação 100x

➤ **Tamanho:**

Para as primeiras amostras a menor dimensão das partículas nesta amostra é de 20,16 μ m e a maior dimensão é de 773,08 μ m.

Para as segundas amostras a menor dimensão das partículas é de 28,57 μ m e a maior dimensão é de 1857,14 μ m.

➤ **Heterogeneidade:**

As primeiras amostras são distintas em relação às características de forma, apresentam numerosos filamentos e outras formas desiguais. Os tamanhos são variáveis.

As segundas amostras são igualmente distintas em relação às características de forma e apresentam variados tamanhos. Estas não exibem elevadas quantidades de filamentos. Em contrapartida apresentam formas muito semelhantes.

➤ **Forma:**

Relativamente às primeiras amostras, como nos evidencia a figura 3.2, as partículas são elementos de formas ovais e fibras dispersas.

As segundas amostras apresentam diversas diferenças, relativamente à forma, sendo umas arredondadas e outras retangulares pontiagudas.

- **Entrada pelo pátio**

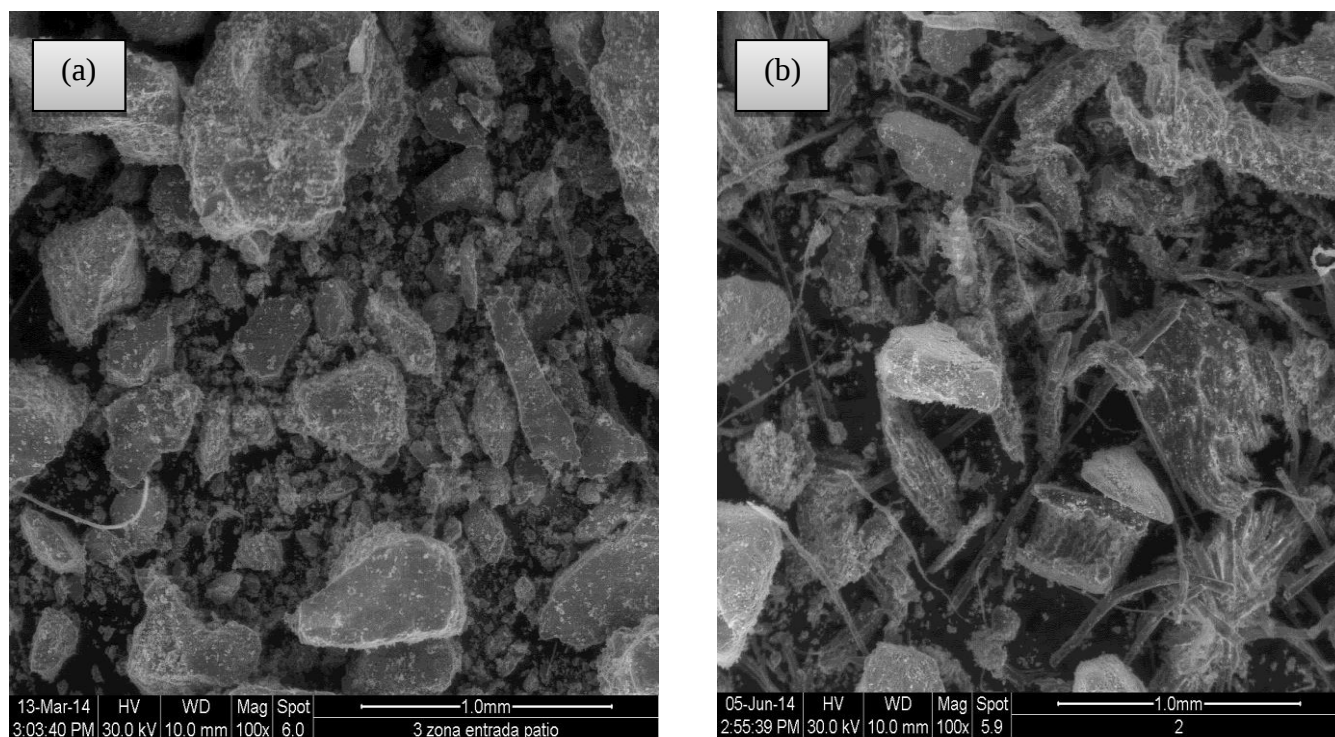


Figura 3.3 - Imagens da microscopia de varrimento comparando a primeira amostra (a) com a segunda (b) nesta zona, com ampliação 100x

Para as primeiras amostras a menor dimensão das partículas nesta amostra é de 20,62µm e a maior dimensão é de 930,86µm.

Para as segundas amostras a menor dimensão das partículas é de 62,5µm e a maior dimensão é de 937,5µm.

➤ **Heterogeneidade:**

As primeiras amostras são distintas em relação às características de forma, e tamanhos variáveis.

As segundas amostras são igualmente distintas em relação às características de forma e apresentam tamanhos heterogeneo. Estas sofreram visíveis alterações com o decorrer da obra.

➤ **Forma:**

Relativamente às primeiras amostras, como nos evidencia a figura 3.3, as partículas são elementos de formas ovais, retangulares e algumas arredondadas, partículas podem ser de diversas dimensões, diferenças visíveis na ampliação.

As segundas amostras, apresentam as mesmas formas presentes na primeira amostragem tendo como novidade ainda, a presença de filamentos.

• **WC**

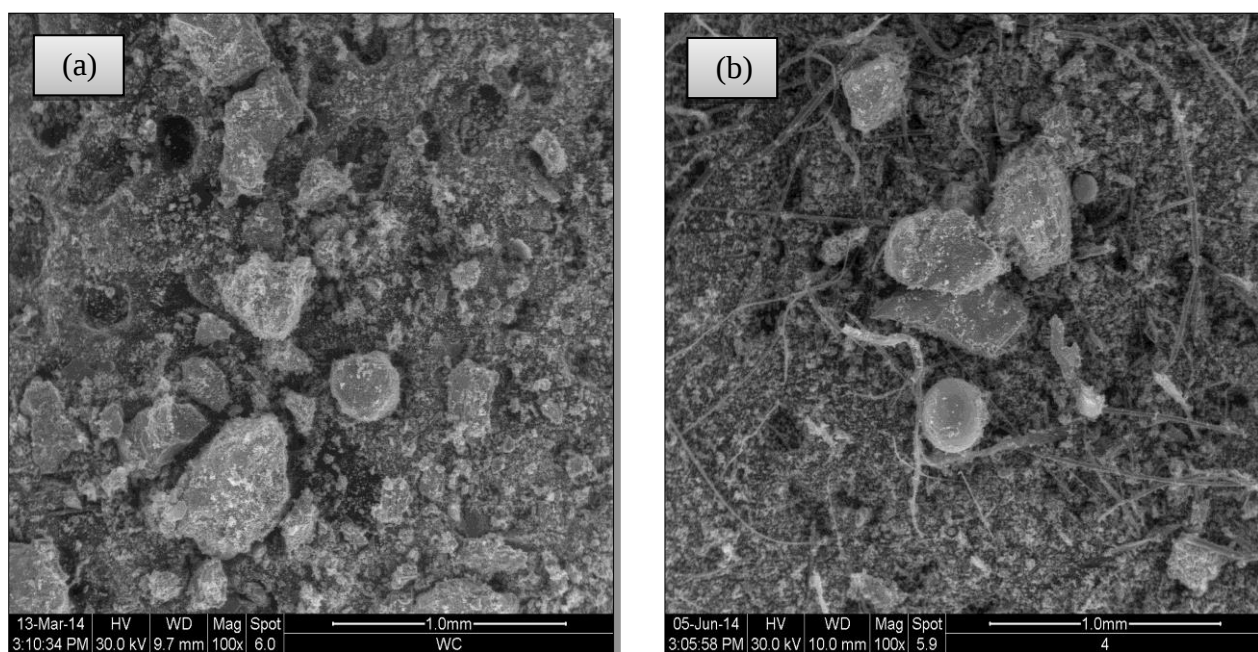


Figura 3.4 - Imagens da microscopia de varrimento comparando a primeira amostra (a) com a segunda (b) nesta zona, com ampliação 100x

➤ **Tamanho:**

Para as primeiras amostras a menor dimensão das partículas nesta amostra é de cerca de 17,68µm e a maior dimensão é de 547,07µm.

Para as segundas amostras a menor dimensão das partículas é de 64,52µm e a maior dimensão é de 645,00µm.

➤ **Heterogeneidade:**

As primeiras amostras são idênticas em relação às características de forma, e tamanhos variáveis.

As segundas amostras são distintas em relação às características de forma e apresentam variados tamanhos. Estas modificam muito da primeira para a segunda amostragem.

➤ **Forma:**

Relativamente às primeiras amostras, como nos evidencia a figura 3.4, as partículas são elementos de formas ovais e algumas arredondadas, estas partículas podem ser de diversas dimensões, diferenças visíveis na ampliação.

As segundas amostras, apresentam filamentos e poucas partículas esféricas, mostrando grande alteração relativamente á primeira amostragem.

Na Tabela 3.1, seguinte, é evidenciado um resumo dos resultados referidos anteriormente de MEV.

Tabela 3.1– Resumo dos resultados de MEV

MEV									
Características		Primeira amostragem				Segunda Amostragem			
		Entrada principal	Junto à garrafeira	Entrada pelo pátio	WC	Entrada principal	Junto à garrafeira	Entrada pelo pátio	WC
Tamanho (µm)	Mín.	92,20	20,16	20,62	17,68	31,25	28,57	62,5	64,52
	Máx.	1365,15	773,08	930,86	547,07	937,5	1857,14	937,5	645,00
Heterogeneidade		Semelhantes	Distintas	Distintas	Semelhantes	Distintas	Distintas	Distintas	Distintas
Forma		Arredondadas, Pontiadudas	Ovais, Filamentos	Ovais, Rectangulares Arredondadas	Ovais, Arredondadas	Filamentos, Ovais	Arredondas, Rectangulares pontiadudas	Ovais, Rectangulares Arredondadas, Filamentos	Filamentos

Deste modo, pode concluir-se que comparativamente ao tamanho, a zona onde ocorreram mais alterações da primeira para a segunda amostragem foi a entrada principal, uma vez que os tamanhos mínimos e máximos diminuíram e junto à garrafeira acontecendo nesta o oposto, ou seja, as partículas aumentaram de tamanho.

Em relação à heterogeneidade, a zona onde surgiram alterações mais significativas foi a entrada principal e o WC, uma vez que ambas tinham partículas de formas muito distintas que passaram a ser semelhantes.

As características de forma, num modo sucinto, não se mantiveram da primeira para a segunda amostragem. A maior parte sofreu alteração significativa.

3.1.1.2. EDS

- **Entrada Principal**

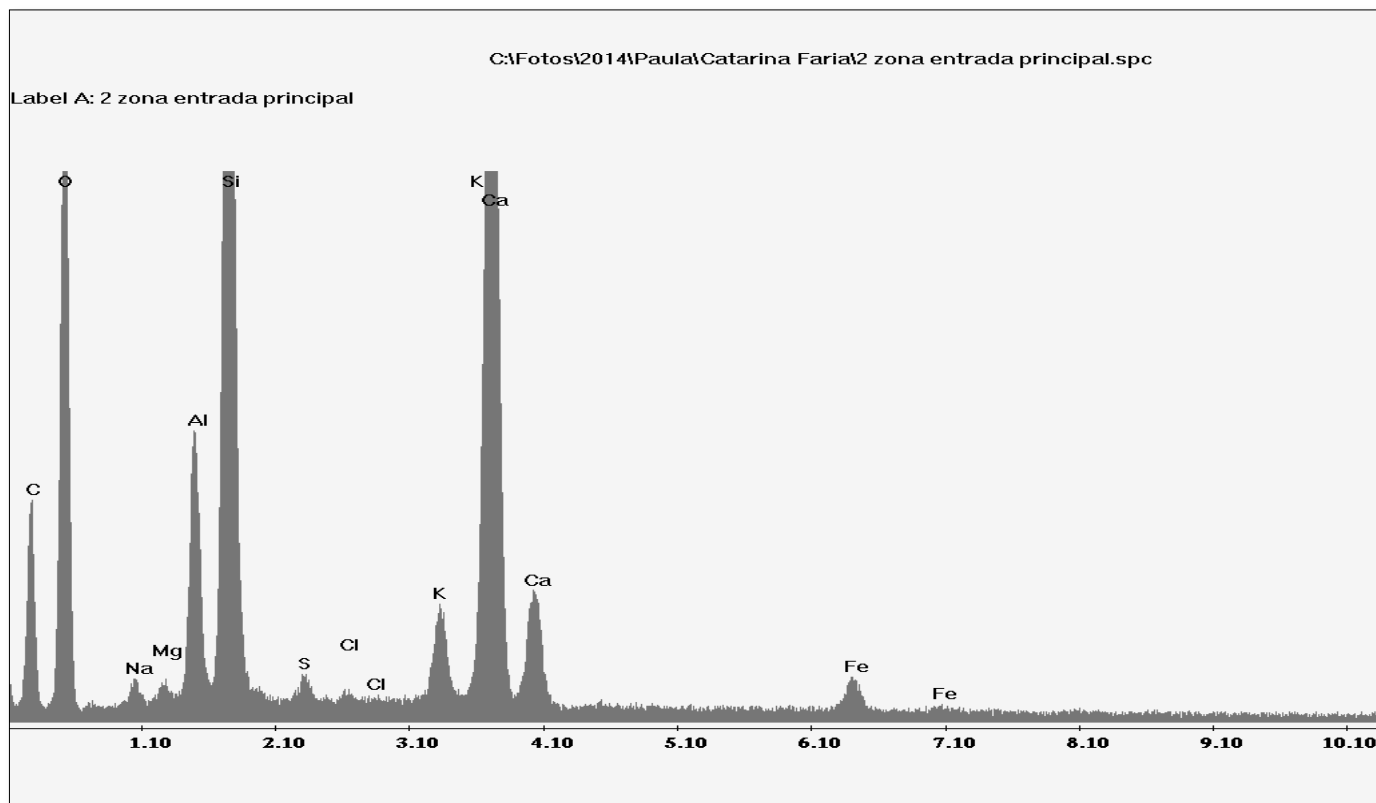


Gráfico 3.2 - Espectros EDS, referentes à primeira amostragem (Entrada principal)

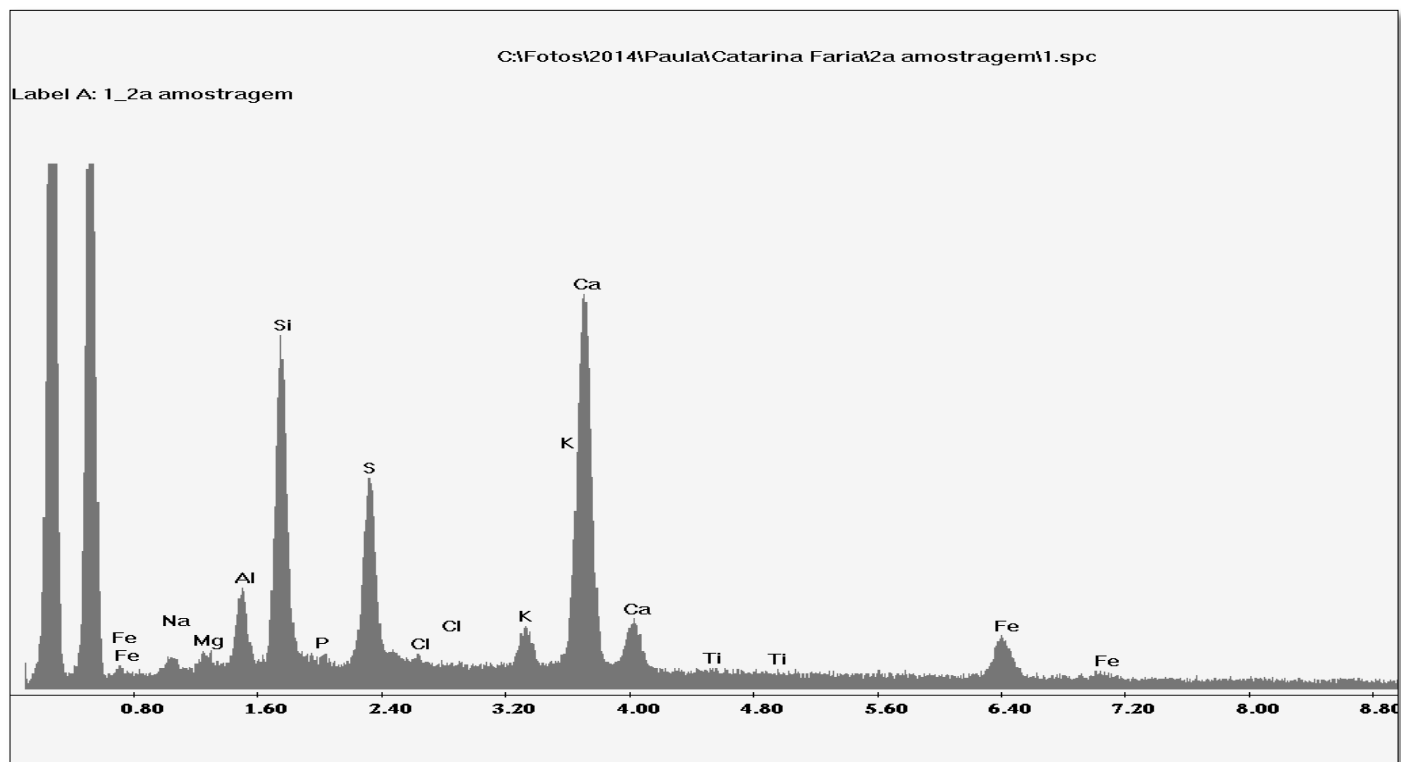


Gráfico 3.1 - Espectros EDS, referentes à segunda amostragem (Entrada principal)

Na primeira amostragem, obtiveram-se os seguintes elementos: Si, Ca, Mg, S, K e Fe. Na segunda amostragem obteve-se a seguinte composição química: Si, Ca, Mg, S, K, Al, P, Cl, Ti e Fe. Ocorreu, assim, o aparecimento de 4 elementos químicos novos, que são eles Al, P, Cl e Ti.

Tabela 3.2 - Comparação das composições químicas obtidas nas duas amostragens da entrada principal

Elementos químicos		Composições químicas obtidas	
		Primeira amostragem	Segunda Amostragem
Si	Silício	X	X
Ca	Cálcio	X	X
Mg	Magnésio	X	X
S	Enxofre	X	X
K	Potássio	X	X
Fe	Ferro	X	X
Al	Alumínio	-	X
P	Fosforo	-	X
Cl	Cloro	-	X
Ti	Titânio	-	X
Zn	Zinco	-	-
Na	Sódio	-	-

- **Junto à garrafeira**

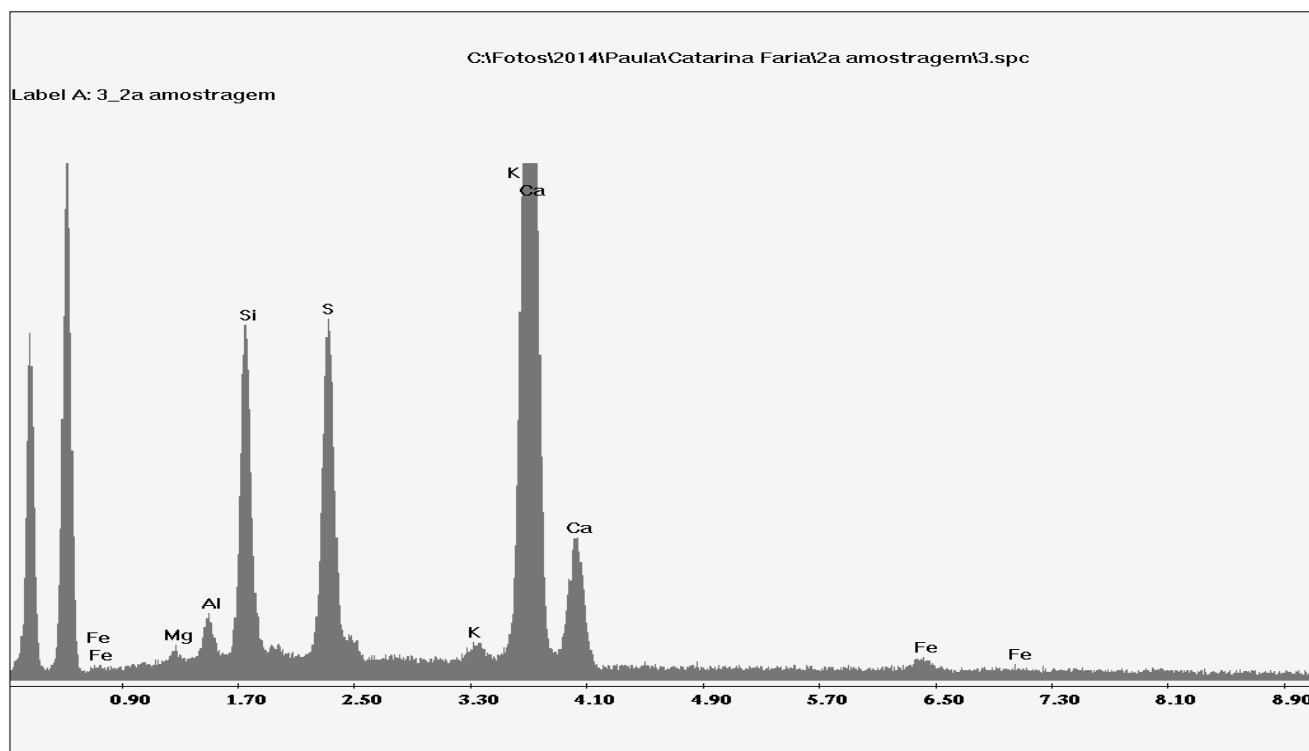


Gráfico 3.3 - Espectros EDS, referentes à primeira amostragem (Junto à garrafeira)

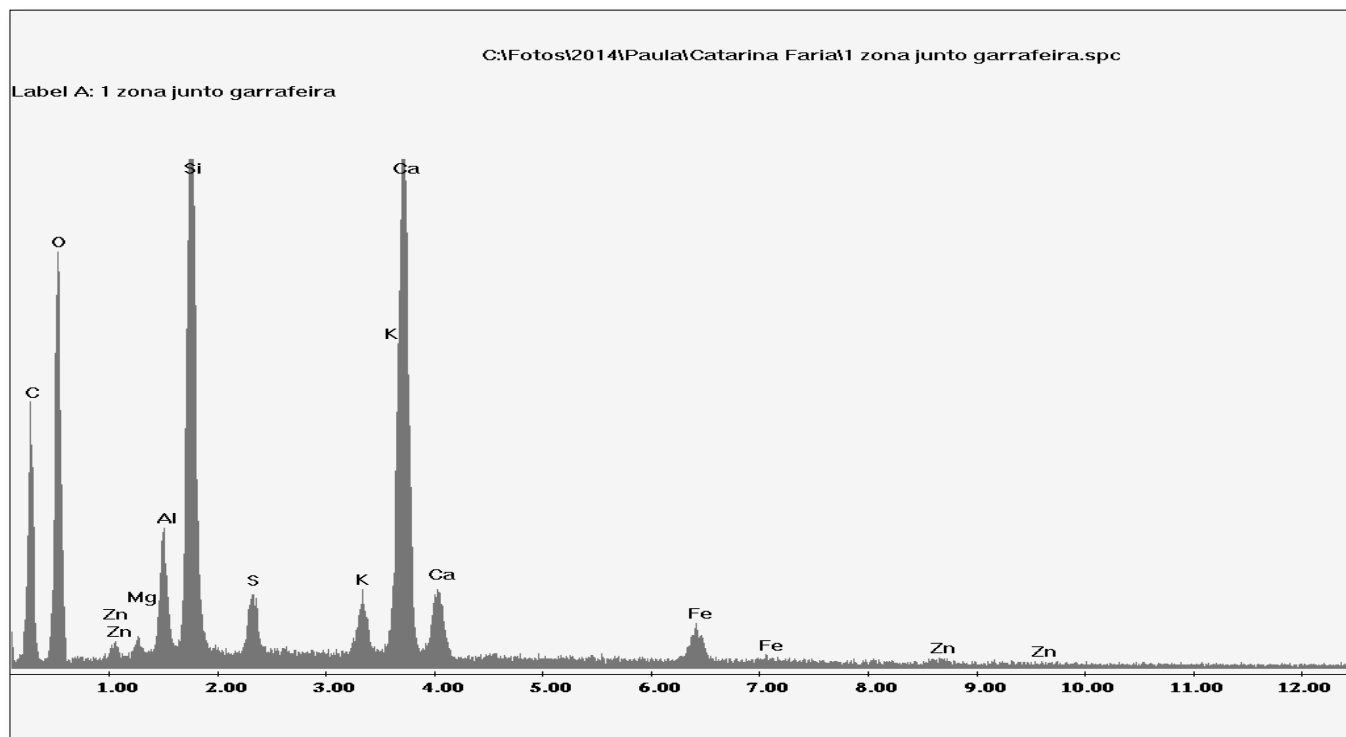


Gráfico 3.4 - Espectros EDS, referentes à segunda amostragem (Junto à garrafeira)

Inicialmente, obteve-se: Si, Ca, Mg, S, K, Zn, Al e Fe. Na segunda amostragem junto à garrafeira, obteve-se a seguinte composição química: Si, Ca, Mg, S, K, Al e Fe. Ocorreu, assim, o desaparecimento do Zn.

Tabela 3.3 - Comparação das composições químicas obtidas nas duas amostragens junto à garrafeira

Elementos químicos		Composições químicas obtidas	
		Primeira amostragem	Segunda Amostragem
Si	Silício	X	X
Ca	Cálcio	X	X
Mg	Magnésio	X	X
S	Enxofre	X	X
K	Potássio	X	X
Fe	Ferro	X	X
Al	Alumínio	X	X
P	Fosforo	-	-
Cl	Cloro	-	-
Ti	Titânio	-	-
Zn	Zinco	X	-
Na	Sódio	-	-

- **Entrada pelo pátio**

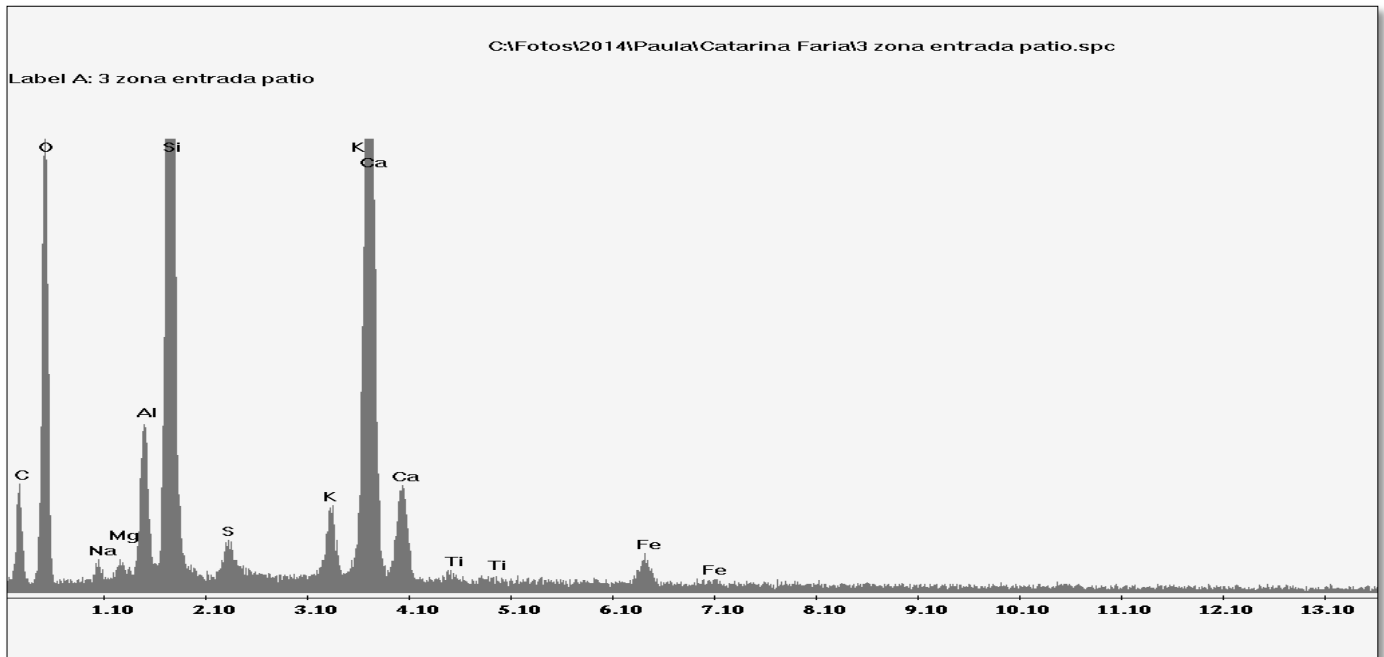


Gráfico 3.5 - Espectros EDS, referentes à primeira amostragem (Entrada pelo pátio)

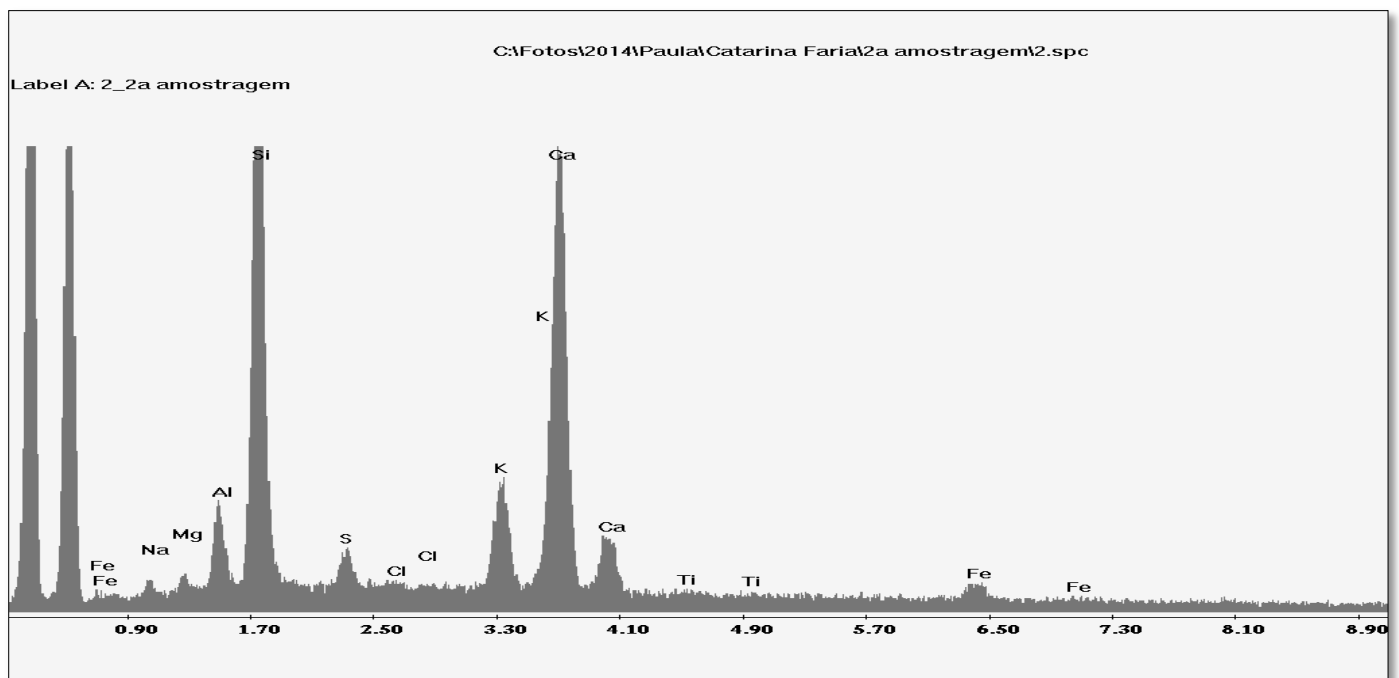


Gráfico 3.6 - Espectros EDS, referentes à segunda amostragem (Entrada pelo pátio)

Inicialmente na primeira amostragem, obteve-se: Si, Ca, Mg, S, Al, Ti, e Fe. Na segunda amostragem relativamente à mesma zona, entrada pelo pátio, obteve-se a seguinte composição química: Si, Ca, Mg, S, K, Al, Na, e Fe. Houve, assim, o

desaparecimento do Ti e aparecimento de dois novos elementos químicos, que são eles, o Na e K.

Tabela 3.4 - Comparação das composições químicas obtidas nas duas amostragens na entrada pelo pátio

Elementos químicos		Composições químicas obtidas	
		Primeira amostragem	Segunda Amostragem
Si	Silício	X	X
Ca	Cálcio	X	X
Mg	Magnésio	X	X
S	Enxofre	X	X
K	Potássio	-	X
Fe	Ferro	X	X
Al	Alumínio	X	X
P	Fosforo	-	-
Cl	Cloro	-	-
Ti	Titânio	X	-
Zn	Zinco	-	-
Na	Sódio	-	X

- WC

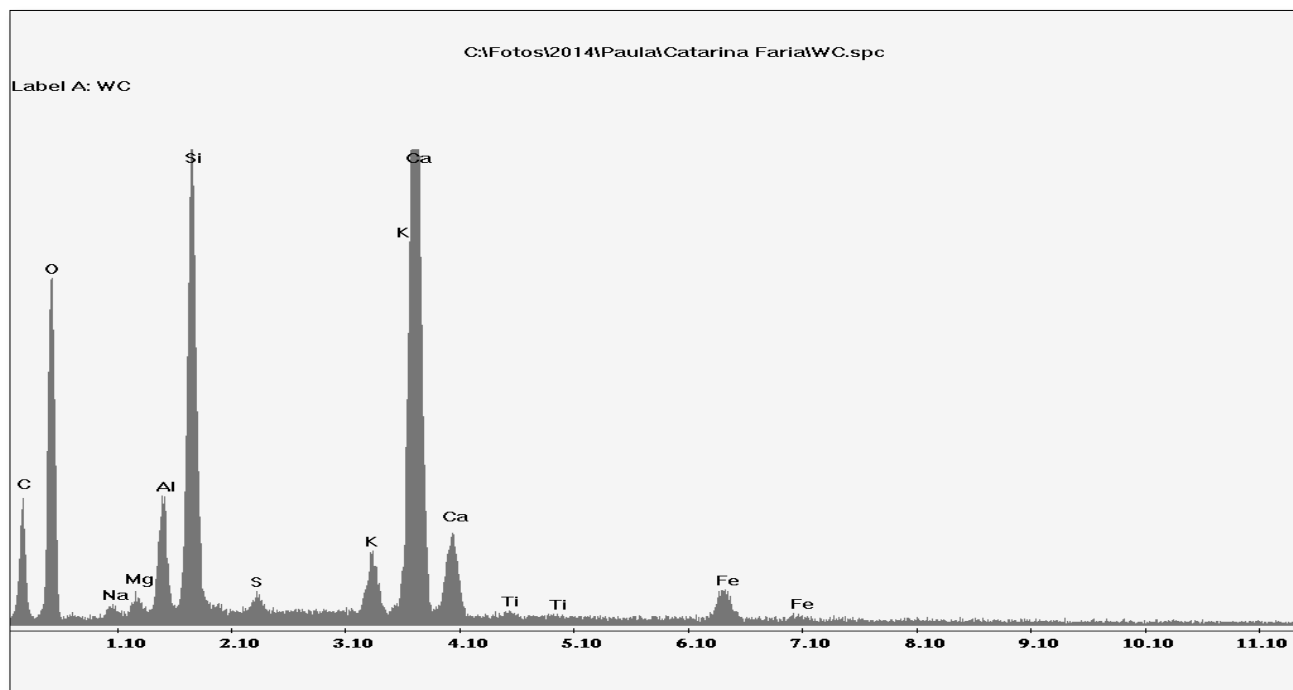


Gráfico 3.7 - Espectros EDS, referentes à primeira amostragem (WC)

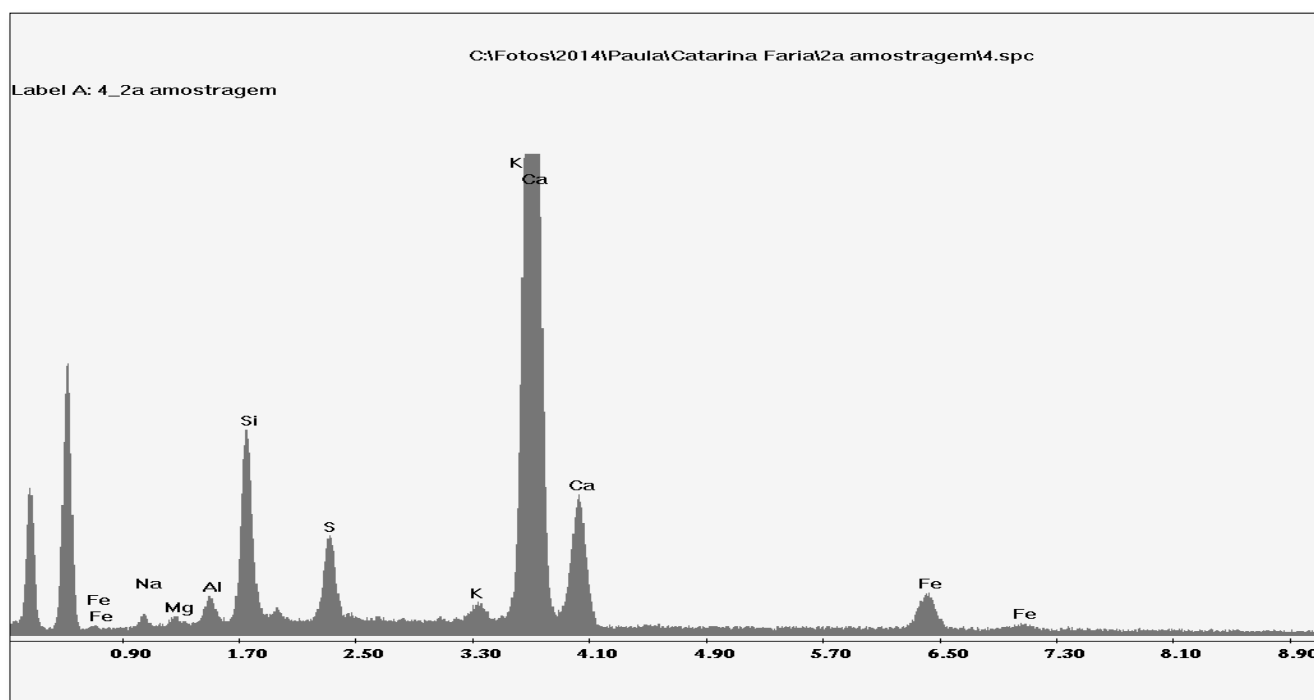


Gráfico 3.8 - Espectros EDS, referentes à segunda amostragem (WC)

Inicialmente na primeira amostragem, obteve-se: Si, Ca, Mg, S, Al, Ti, K e Fe. Na segunda amostragem, após realização do mesmo ensaio e relativamente à mesma zona, WC, obteve-se a seguinte composição química: Si, Ca, Mg, S, K, Al, Na e Fe. Houve, assim, o desaparecimento do Ti e aparecimento de Na.

Tabela 3.5 - Comparação das composições químicas obtidas nas duas amostragens no WC.

Elementos químicos		Composições químicas obtidas	
		Primeira amostragem	Segunda Amostragem
Si	Silício	X	X
Ca	Cálcio	X	X
Mg	Magnésio	X	X
S	Enxofre	X	X
K	Potássio	X	X
Fe	Ferro	X	X
Al	Alumínio	X	X
P	Fósforo	-	-
Cl	Cloro	-	-
Ti	Titânio	X	-
Zn	Zinco	-	-
Na	Sódio	-	X

A Tabela 3.6, demonstra um resumo dos resultados obtidos nas quatro zonas relativamente ao EDS.

Tabela 3.6 - Resumo dos resultados de EDS

EDS								
Elementos químicos	Primeira amostragem				Segunda Amostragem			
	Entrada principal	Junto à garrafeira	Entrada pelo pátio	WC	Entrada principal	Junto à garrafeira	Entrada pelo pátio	WC
Si	X	X	X	X	X	X	X	X
Ca	X	X	X	X	X	X	X	X
Mg	X	X	X	X	X	X	X	X
S	X	X	X	X	X	X	X	X
K	X	X	X	X	X	X	X	X
Fe	X	X	X	X	X	X	X	X
Al	-	X	X	X	X	X	X	X
P	-	-	-	-	X	-	-	-
Cl	-	-	-	-	X	-	-	-
Ti	-	-	X	X	X	-	-	-
Zn	-	X	-	-	-	-	-	-
Na	-	-	-	-	-	-	X	X

Assim, pode concluir-se que a zona que demonstra mais alterações da primeira para a segunda amostragem relativamente aos elementos químicos presentes é a entrada principal, uma vez que há o surgimento de 4 novos elementos. As restantes zonas são semelhantes.

3.1.1.3. WDS

- **Entrada Principal**

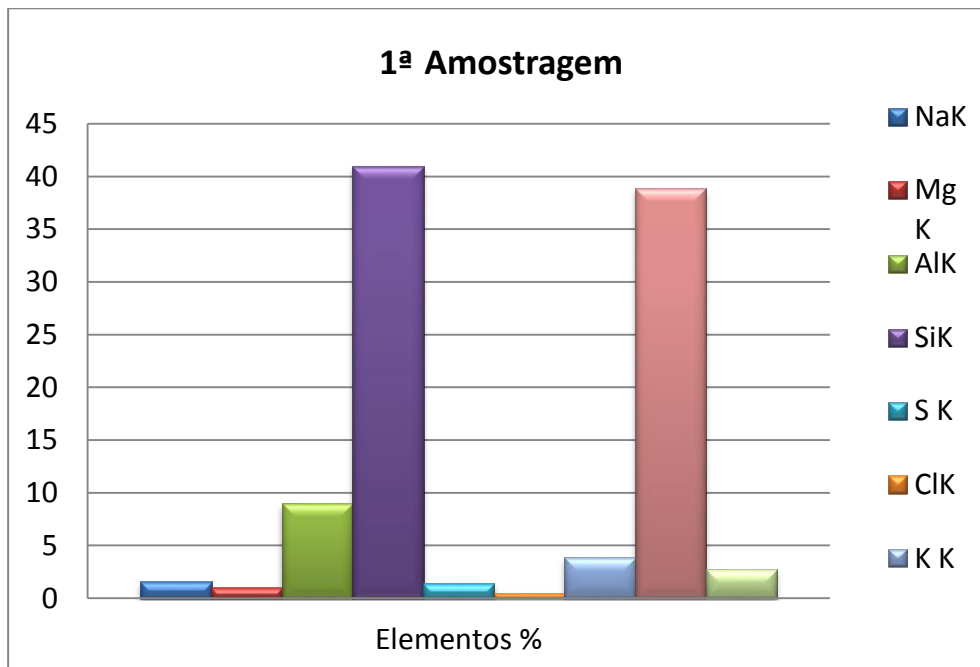


Gráfico 3.9 – Representação das quantidades de elementos químicos presentes na primeira amostragem na entrada principal

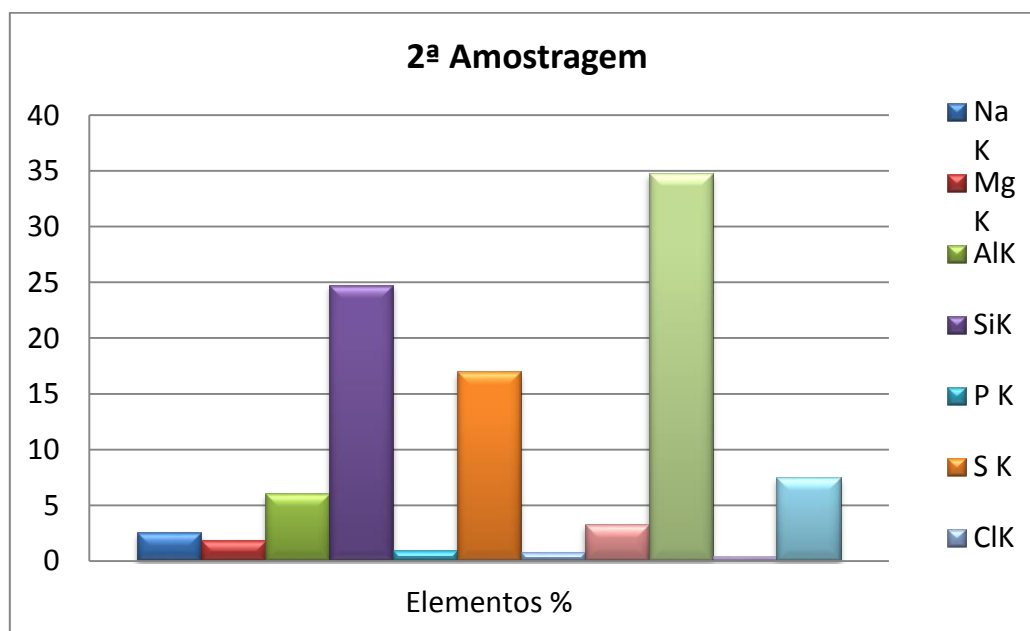


Gráfico 3.10 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na segunda amostragem na entrada principal

Observando o gráfico da 1ª Amostragem, verifica-se que as maiores percentagens são de Ca e Si sendo 38,86 e 41,02%, respetivamente. Os valores percentuais de Na e Cl são desprezáveis, uma vez que podem derivar do suor provenientes das próprias mãos. Analisando, de seguida, o gráfico da 2ª Amostragem, verifica-se que as maiores percentagens são de Ca, Si e S, sendo 34,77; 24,77 e 17,00%, respetivamente. Verificamos que há aparecimento de S com um valor significativo (cerca de 18%). Este facto pode estar relacionado com o teor das tintas utilizadas no edifício.

- **Junto à garrafeira**

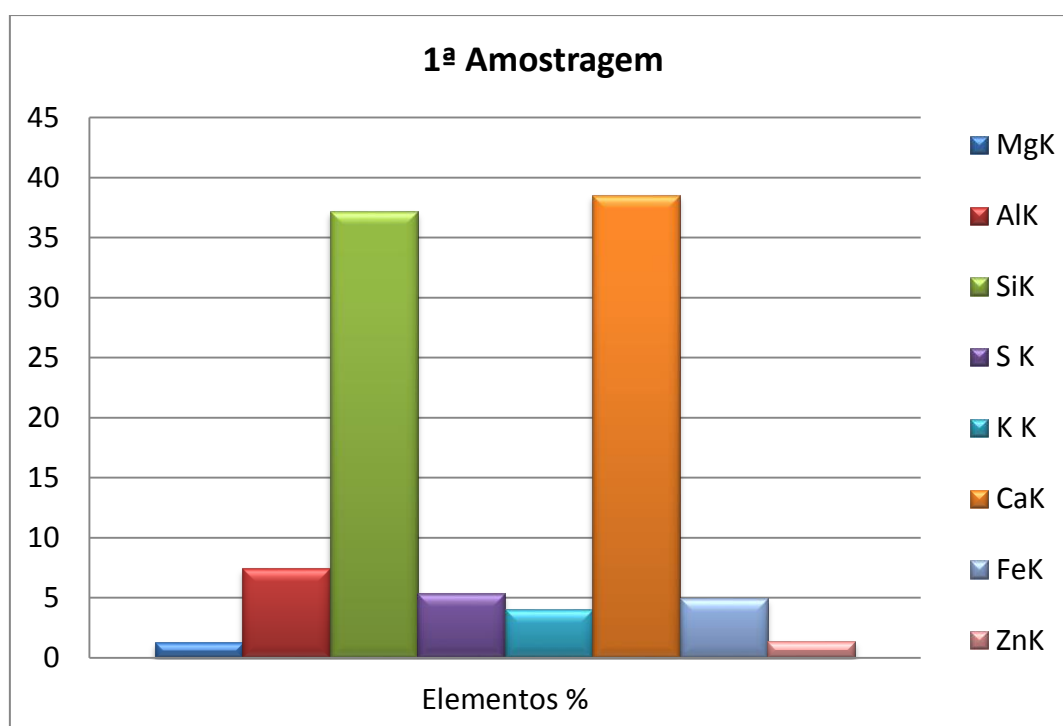


Gráfico 3.11 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na primeira amostragem junto à garrafeira

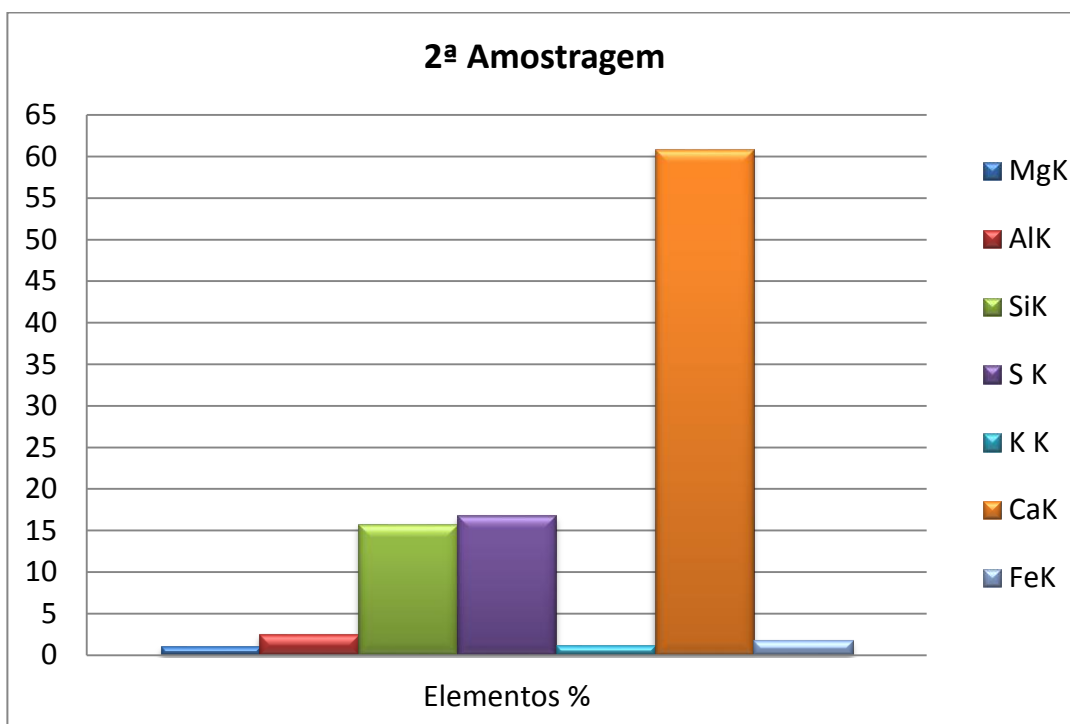


Gráfico 3.12 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na segunda amostragem junto à garrafeira

Observando o gráfico da 1ª Amostragem, verifica-se que as maiores percentagens são de Ca e Si, também, sendo 38,51 e 37,17%, respetivamente. Verifica-se também que existe uma subida percentual no valor de S (enxofre) em relação à primeira zona verificada (entrada principal), tal subida pode dever-se ao facto de nesta zona (junto à garrafeira), terem sido observadas diversas teias de aranha no momento da recolha. Analisando o gráfico respetivo à 2ª Amostragem, verifica-se que as maiores percentagens são de Ca, Si e S, sendo 60,88; 15,82 e 16,79%, respetivamente. Neste caso, o valor de S volta a subir (5 para 17%), tendo a percentagem ainda maior que Si (15%), provavelmente pelo mesmo facto, o uso das tintas nesta fase da obra.

- **Entrada pelo pátio**

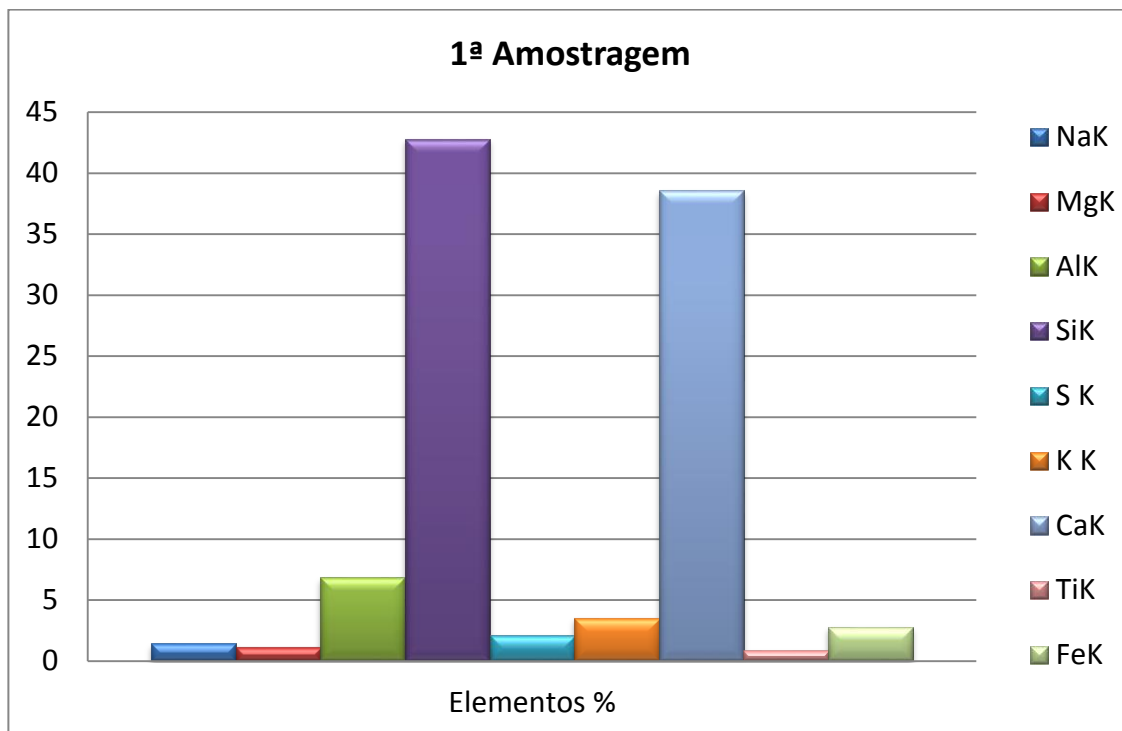


Gráfico 3.13 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na primeira amostragem na entrada pelo pátio

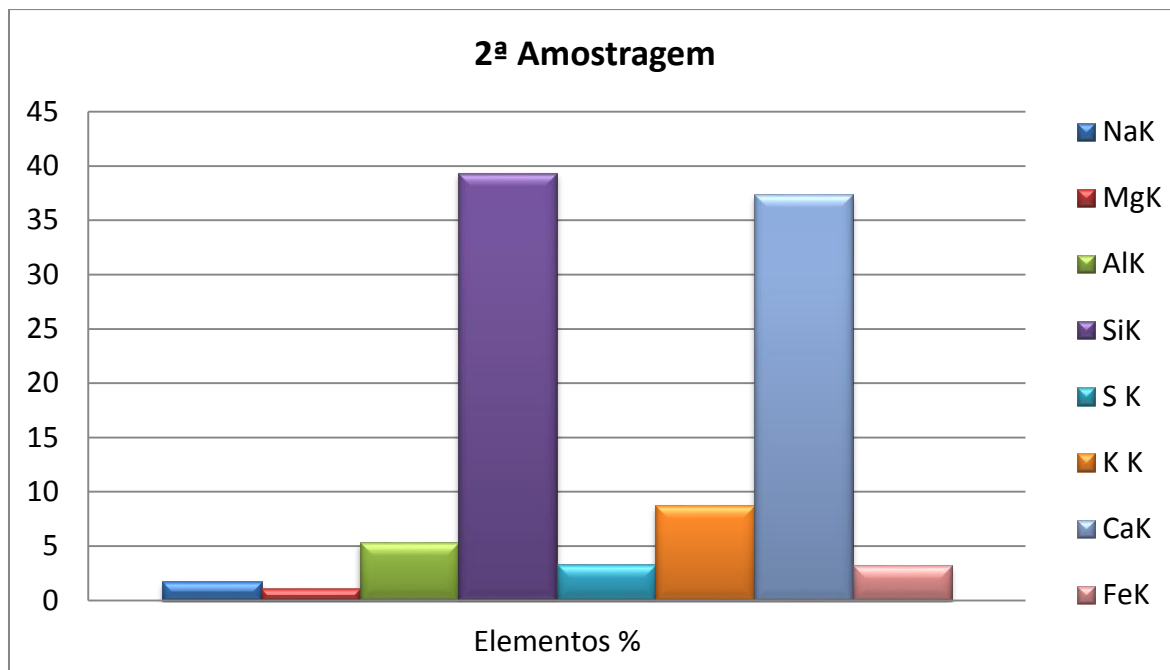


Gráfico 3.14 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na segunda amostragem na entrada pelo pátio

Observando o gráfico da 1ª Amostragem, verifica-se que as maiores percentagens são de Ca e Si, também, sendo 42,80 e 38,54%, respetivamente. Nesta zona há aparecimento de Ti, embora em pequena quantidade. Pode dever-se ao facto de esta amostra ter sido recolhida no solo. Analisando o gráfico da 2ª Amostragem, verifica-se que as maiores percentagens são de Ca e Si, sendo 37,33 e 39,33%, respetivamente. Neste caso o valor de S diminui para menos de metade.

- WC

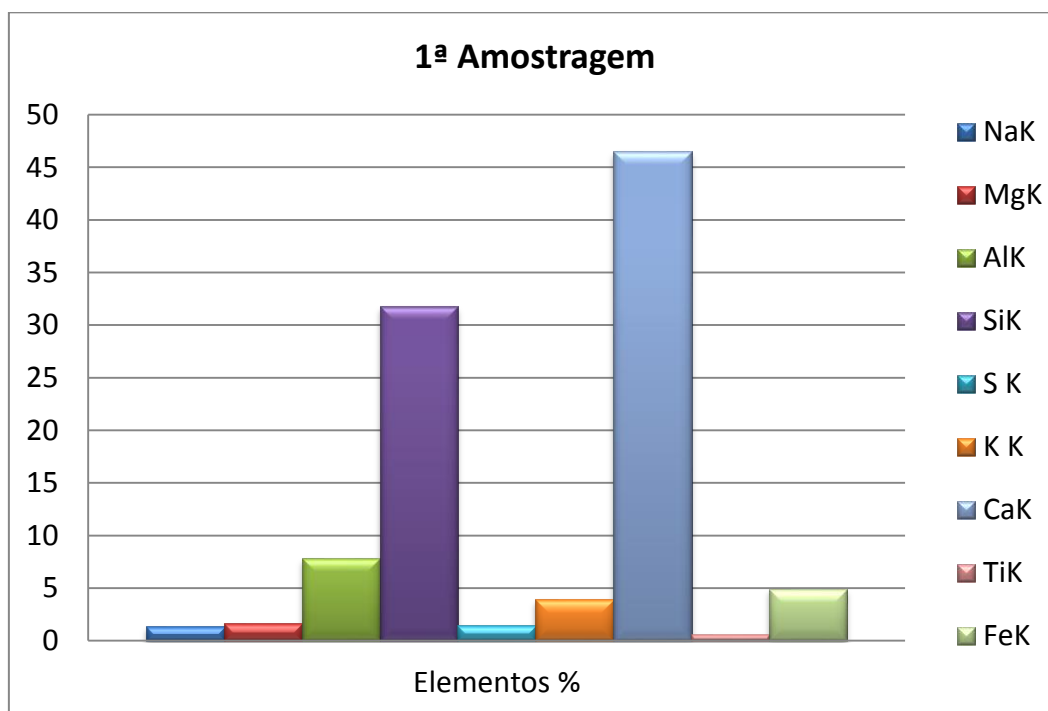


Gráfico 3.15 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na primeira amostragem no WC

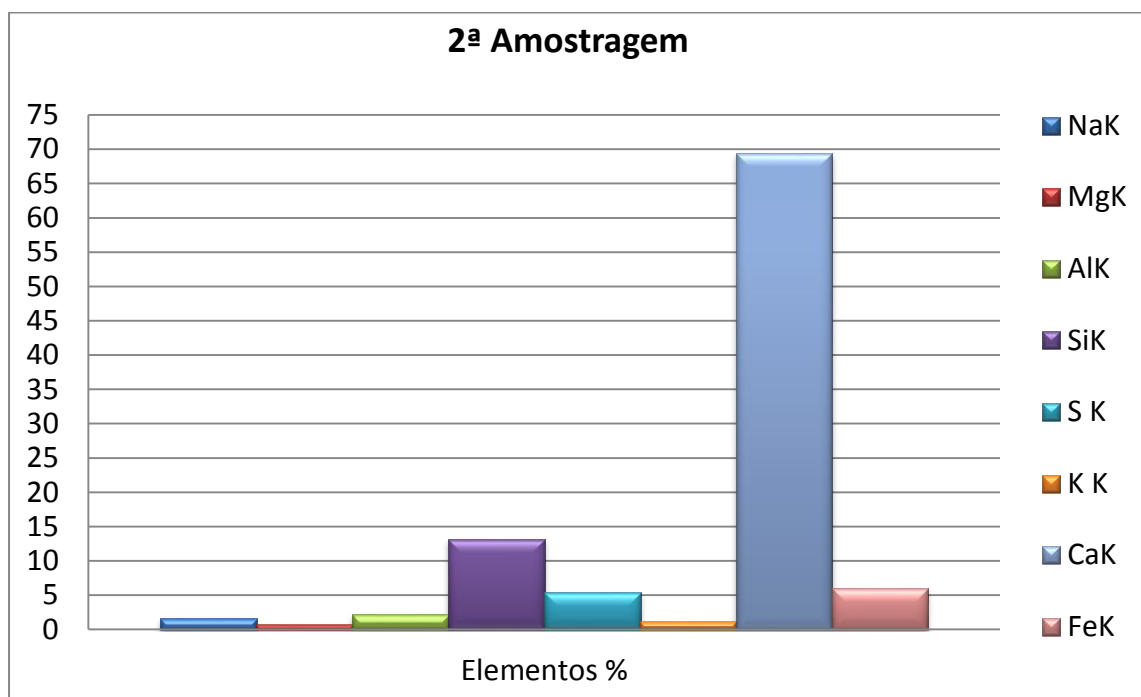


Gráfico 3.16 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na segunda amostragem no WC

Observando o gráfico da 1ª Amostragem, verifica-se que as maiores percentagens são de Ca e Si, também, sendo 46,55 e 31,76%, respetivamente. Nesta zona também se encontra Ti, talvez porque igualmente esta amostra foi retirada no solo. Analisando o gráfico relativo à 2ª Amostragem, verifica-se que as maiores percentagens são de Ca, 69,49%. Todas as outras percentagens baixaram significativamente.

A Tabela 3.7, demonstra um resumo dos resultados obtidos nas quatro zonas, relativamente ao WDS, destacando os elementos de maiores percentagens.

Tabela 3.7 - Resumo dos resultados de WDS

WDS								
Elementos químicos	Primeira amostragem				Segunda Amostragem			
	Entrada principal	Junto à garrafeira	Entrada pelo pátio	WC	Entrada principal	Junto à garrafeira	Entrada pelo pátio	WC
Si	41,02%	37,17%	38,54%	31,76%	24,77%	15,82%	39,33%	13,18%
Ca	38,86%	38,51%	42,80%	46,55%	34,77%	60,88%	37,33%	69,49%
S	-	-	-	-	17,00%	16,79%	-	-

Comparando os resultados de WDS e destacando os três elementos químico mais significativos, Si, Ca e S, conclui-se que houve alterações significativas da primeira para a segunda amostragem. As zonas com maiores variações são a entrada principal e junto à garrafeira, onde ocorre o aparecimento de S.

3.1.1.4. DRX

Para a análise dos difratogramas é necessário ter como base, dados de referência, para depois realizar a comparação e interpretação, dos mesmos.

O Gráfico 3.17 que se segue apresenta os espectros de DRX para amostras recolhidas na primeira amostragem nas quatro zonas, ou seja, recolhidas na entrada principal, junto à garrafeira, na entrada pelo pátio e no WC.

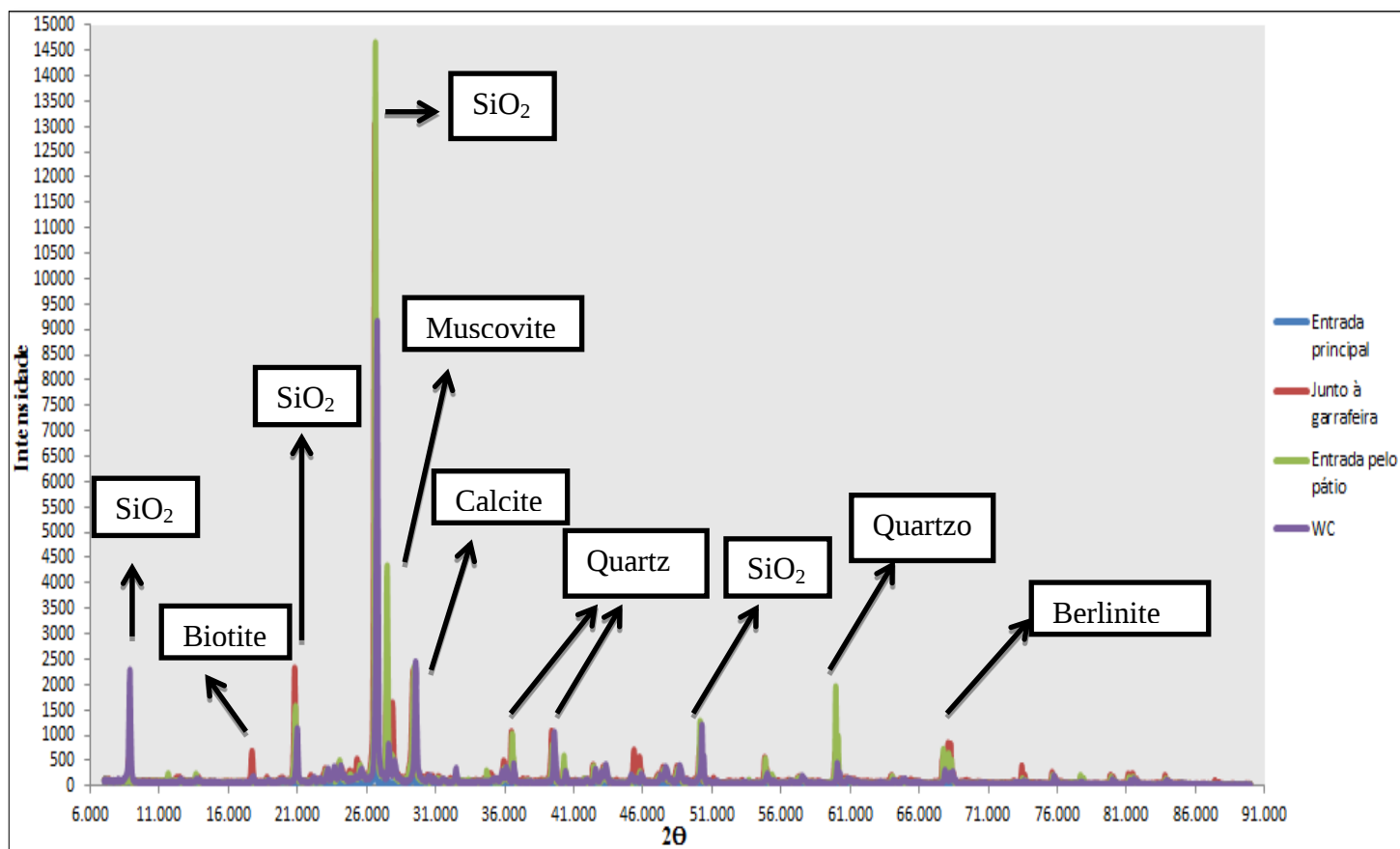


Gráfico 3.17 - Espectro de DRX da intersecção das amostras da primeira amostragem

Planos de Miller são uma notação utilizada em cristalografia para definir famílias de planos. Ou seja, indicando-se as coordenadas de um vetor no espaço recíproco, que é normal à família de planos. Em três dimensões, os índices de Miller são representados pela tripla entre parênteses (hkl), onde h, k e l são inteiros com maior divisor comum igual a 1.

Evidenciando os picos de maiores intensidades são destacados os seguintes elementos: Sílica, Biotite, Quartzo, Muscovite, Calcite e Berlinite.

Os planos de Miller mais evidentes para a Sílica (SiO_2) são os (012), (066), (011) e (110) respetivamente aos ângulos de difração 2θ de 8.8° , 20.9° , 26.6° e 50.2° .

O plano de Miller mais evidente para a Biotite é o (022) correspondendo ao ângulo de difração 2θ de 17.7° .

Os planos de Miller mais evidentes para o Quatzo são os (200), (110) e (121) respetivamente aos ângulos de difração 2θ de 36.5° , 39.5° e 59.9° .

O plano de Miller mais evidente para a Muscovite é o (100) correspondendo ao ângulo de difração 2θ de 27.5° .

O plano de Miller mais evidente para a Calcite é o (112) correspondendo ao ângulo de difração 2θ de 29.4° .

O plano de Miller mais evidente para a Berlinite é o (023) ao qual corresponde ao ângulo de difração 2θ de 68.1° .

O Gráfico 3.18 seguinte apresenta os espectros de DRX para amostras recolhidas na segunda amostragem nas mesmas quatro zonas ditas no gráfico anterior.

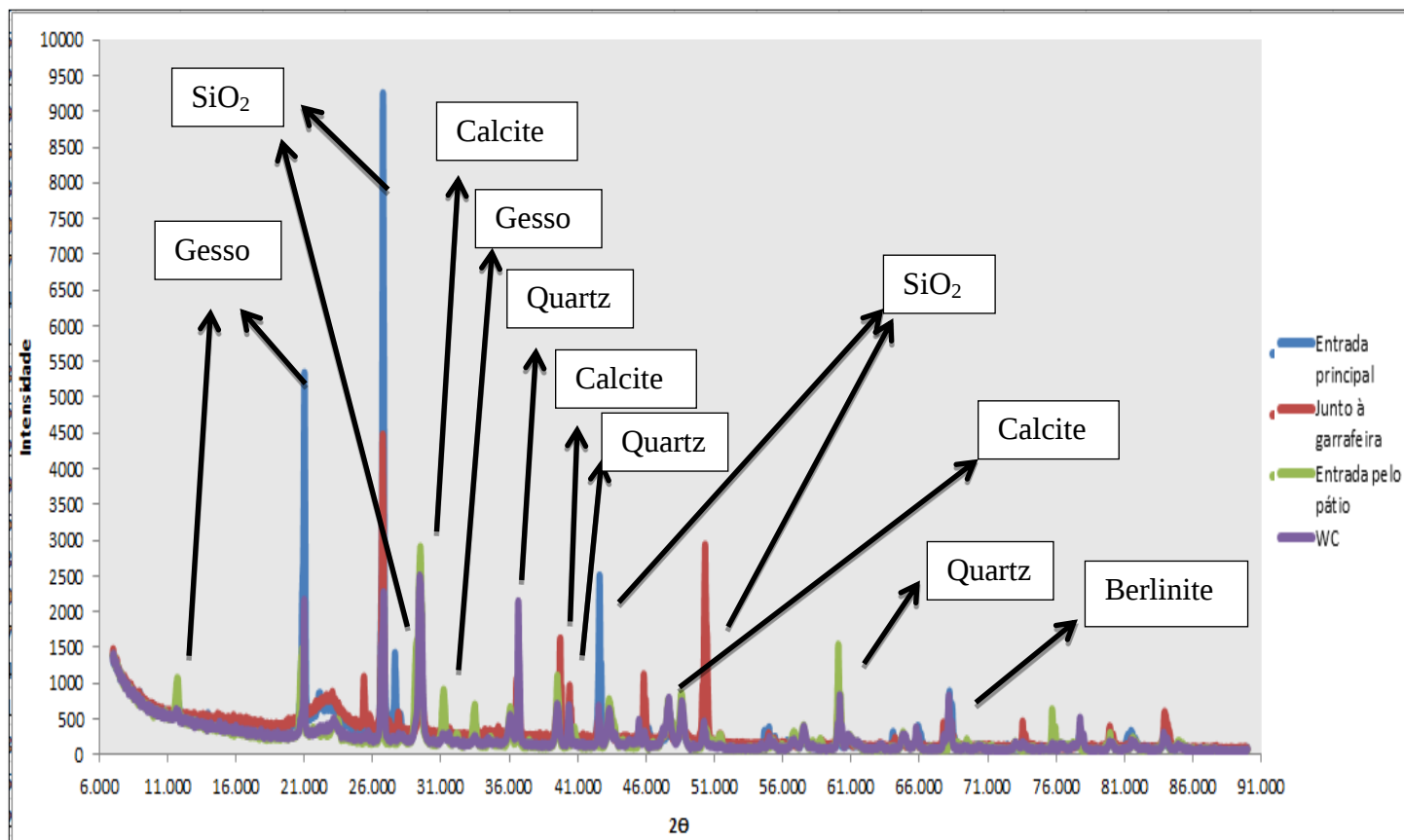


Gráfico 3.18 - Espectro de DRX da intersecção das amostras da segunda amostragem

Apresentando os picos de maiores intensidades são destacados os seguintes elementos: Sílica, Gesso, Quartzo, Calcite e Berlinite.

Os planos de Miller mais evidentes para a Sílica (SiO_2) são os (011), (121), (112) e (121) sendo os respectivos ângulos de difração 2θ de 26.7° , 27.6° , 42.6° e 50.3° .

Os planos de Miller mais evidentes para ao gesso são os (240), (320) e (-262) respectivamente aos ângulos de difração 2θ de 11.7° , 20.9° e 31.2° .

Os planos de Miller mais evidentes para o Quartzo são os (270), (011) e (020) sendo os respectivos ângulos de difração 2θ de 36.1° , 39.7° e 60.1° .

Os planos de Miller mais evidentes para a Calcite são os (22-1), (22-2) e (200) ao qual correspondem os ângulos de difração 2θ de 29.5° , 39.6° e 47.7° .

O plano de Miller mais evidente para a Berlinite é o (011) correspondendo ao ângulo de difração 2θ de 68.2° .

3.1.2. Amianto

3.1.2.1. MEV

- Musgo

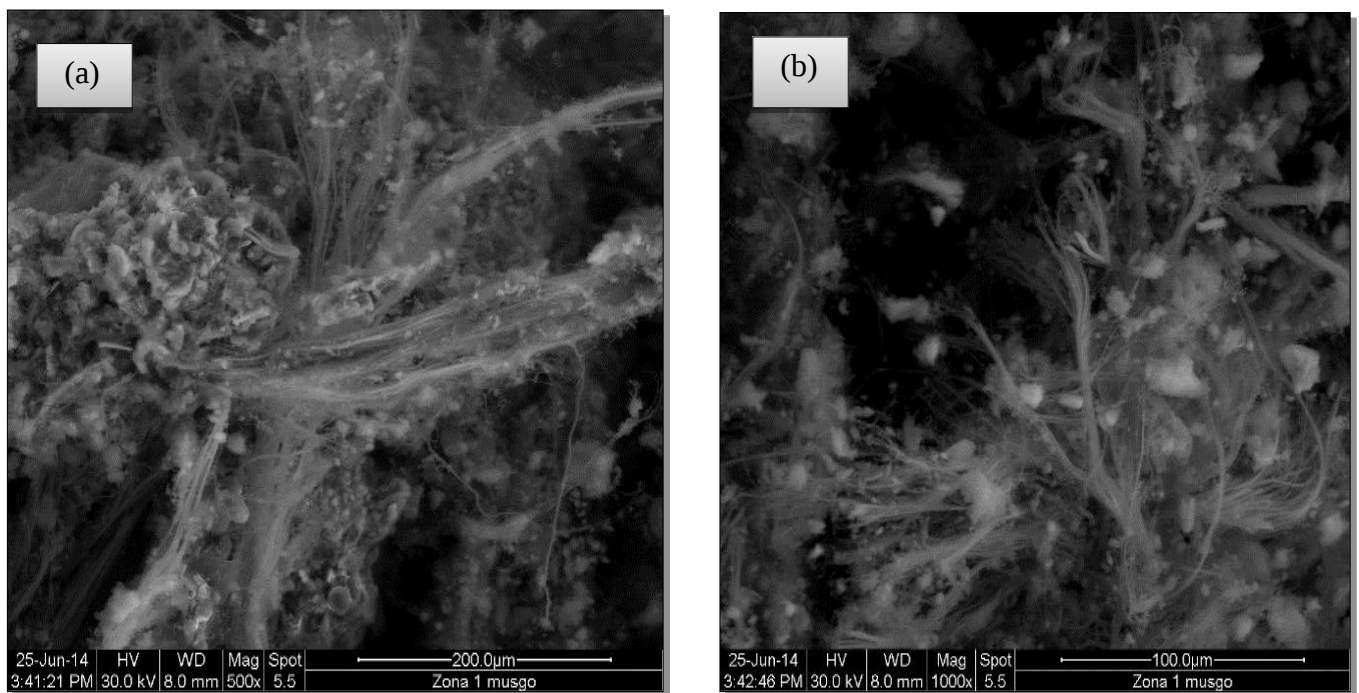
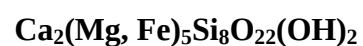


Figura 3.5 – Musgo - Fibra de Actinolite com ampliação de 500x (a) e 1000x (b)

A partir da constituição da fibra detetada em MEV, verifica-se que estamos perante uma fibra de amianto pertencente à classe das anfíbolas, particularmente uma fibra do tipo – **Actinolite**.

Composição química de uma fibra actinolite (descrita na Tabela 1.8 do capítulo 1.5):



- **Recolha superficial**

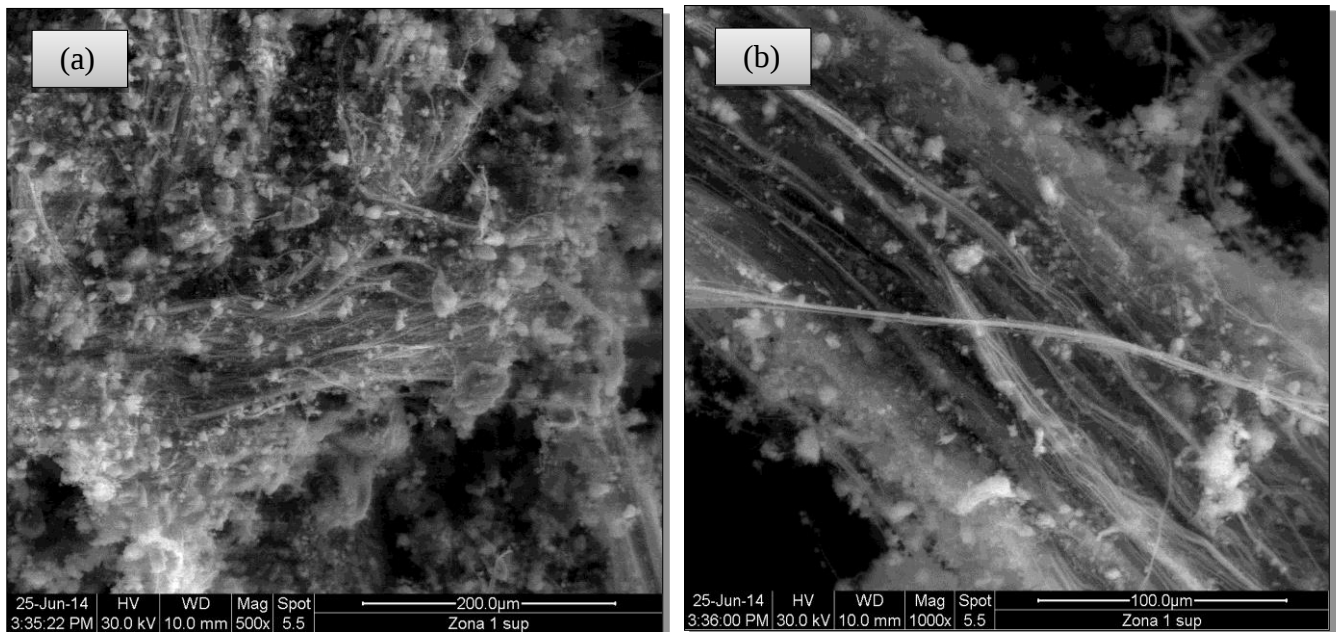


Figura 3.6 - Superficial - Fibra de Actinolite com ampliação de 500x (a) e 1000x (b)

Igualmente se constatou a partir da constituição da fibra, que na amostra superficial (sem musgo), estamos perante a **Actinolite**.

- **Recolha profunda**

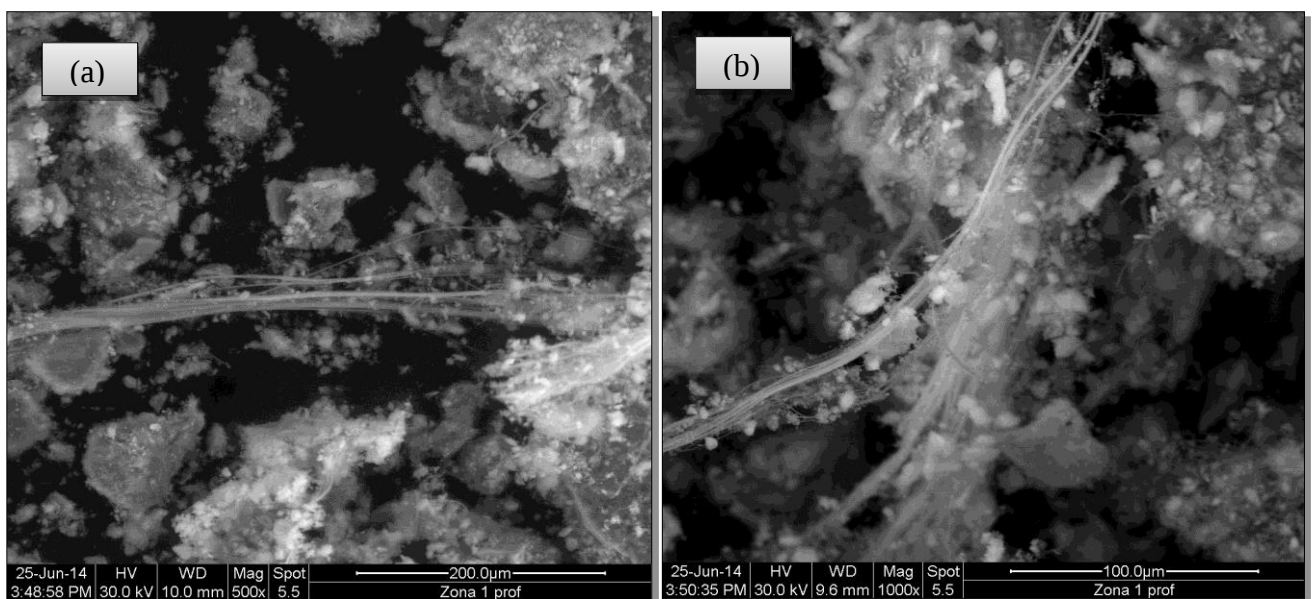


Figura 3.7 – Profunda - Fibra de Actinolite com ampliação de 500x (a) e 1000x (b)

Consequentemente, e como expectável, a análise da constituição da fibra, revela que na amostra profunda, igualmente se encontra presente a **Actinolite**.

3.1.2.2. EDS

- **Musgo**

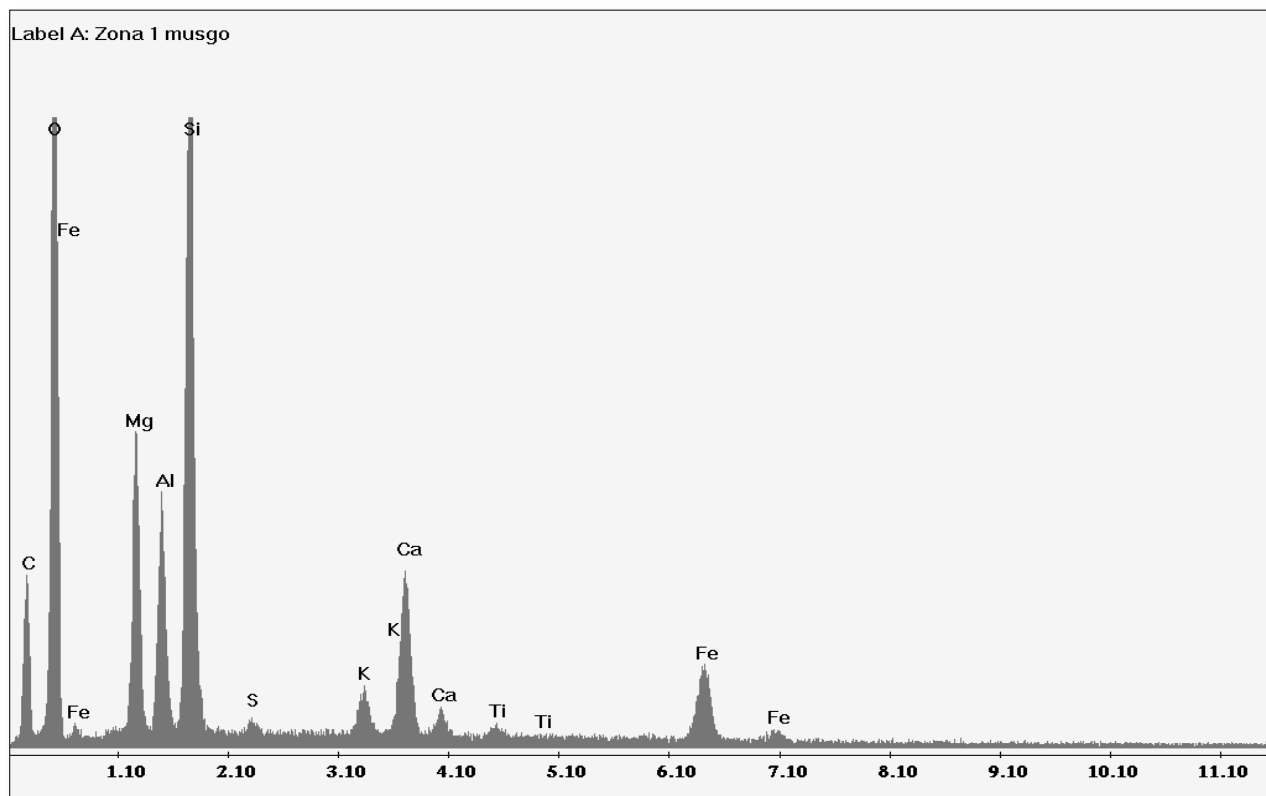


Gráfico 3.19 - Espectros EDS, referentes ao Musgo

Através da análise dos resultados obtidos por EDS, pode afirmar-se que as amostras retiradas na zona com musgo registam uma elevada percentagem de Si e O, seguida de Mg, Fe, Ca e Al.

Tabela 3.8 - Elementos que constituem a amostra - Musgo

Elementos químicos		Amostragem Musgo
Si	Silício	X
Ca	Cálcio	X
Mg	Magnésio	X
S	Enxofre	X
K	Potássio	X
Fe	Ferro	X
Al	Alumínio	X
P	Fosforo	-
Cl	Cloro	-
Ti	Titânio	X
Zn	Zinco	-
Na	Sódio	-

- **Recolha Superficial**

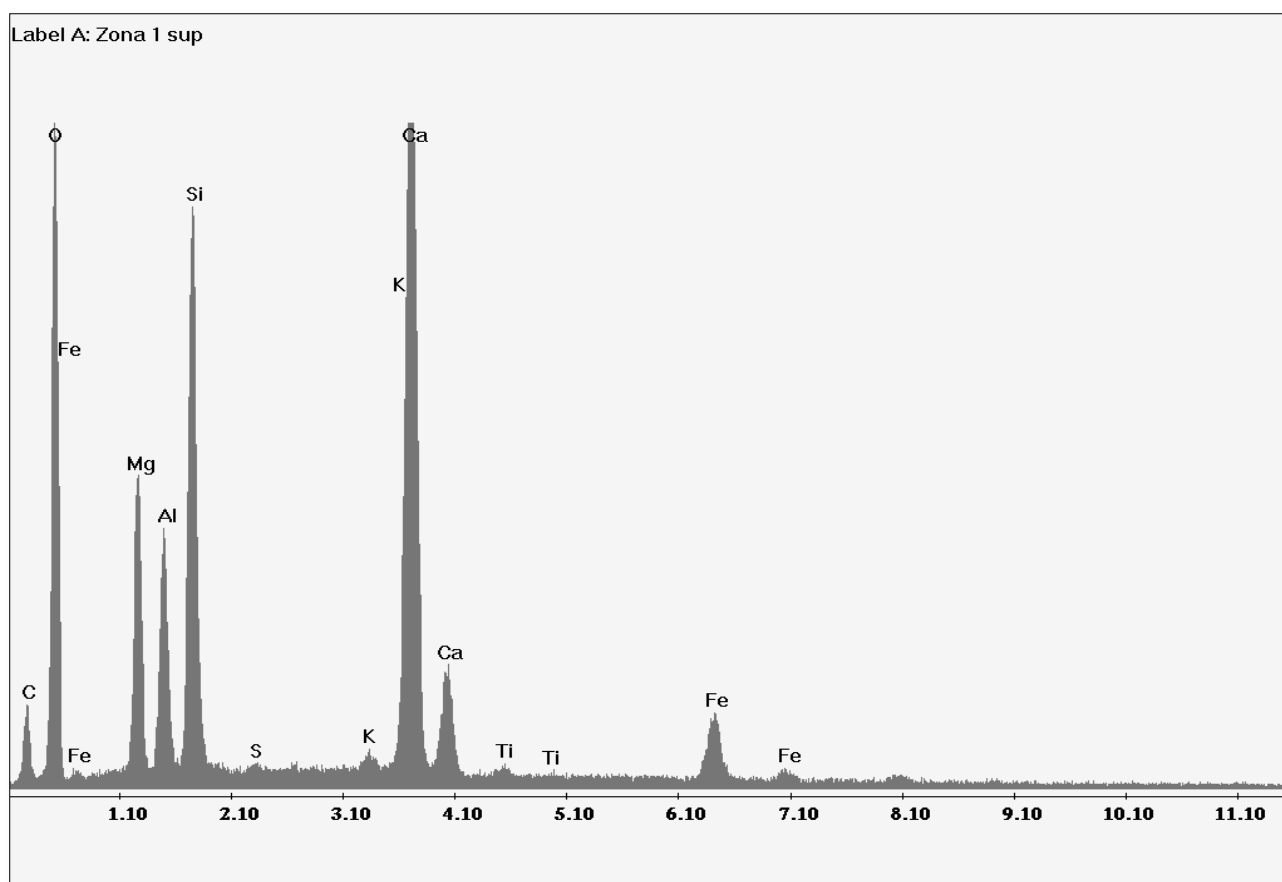


Gráfico 3.20 - Espectros EDS, referentes à Recolha Superficial

Como podemos verificar, nesta amostra existe uma maior abundância de Ca em detrimento de O e Si. Mantem-se equivalente Mg, Al e Fe.

Tabela 3.9 - Elementos que constituem a amostra – Recolha Superficial

Elementos químicos		Amostragem Recolha Superficial
Si	Silício	X
Ca	Cálcio	X
Mg	Magnésio	X
S	Enxofre	X
K	Potássio	X
Fe	Ferro	X
Al	Alumínio	X
P	Fosforo	-
Cl	Cloro	-
Ti	Titânio	X
Zn	Zinco	-
Na	Sódio	-

- **Recolha Profunda**

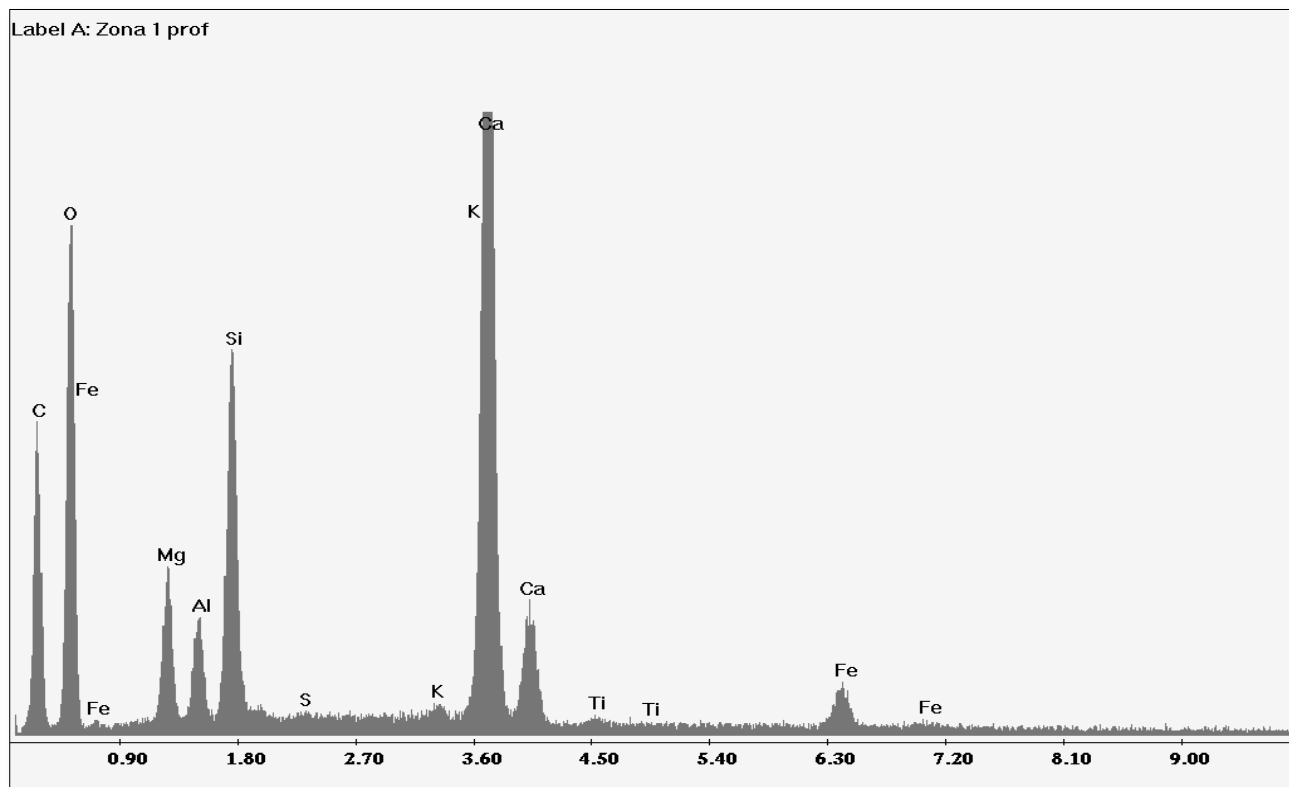


Gráfico 3.21 - Espectros EDS, referentes à Zona 1 – Recolha Profunda

Demonstra-se que nesta amostra, existe também uma maior abundância de Ca em quebra de O e Si. Também há uma diminuição de Mg, Al e Fe.

Tabela 3.10 - Elementos que constituem a amostra - Recolha Profunda

Elementos químicos		Amostragem Recolha Profunda
Si	Silício	X
Ca	Cálcio	X
Mg	Magnésio	X
S	Enxofre	X
K	Potássio	X
Fe	Ferro	X
Al	Alumínio	X
P	Fosforo	-
Cl	Cloro	-
Ti	Titânio	X
Zn	Zinco	-
Na	Sódio	-

Relativamente à análise de EDS pode concluir-se que nas três recolhas referidas surgem os mesmos elementos químicos mais significativos.

3.1.2.3. WDS

- **Musgo**

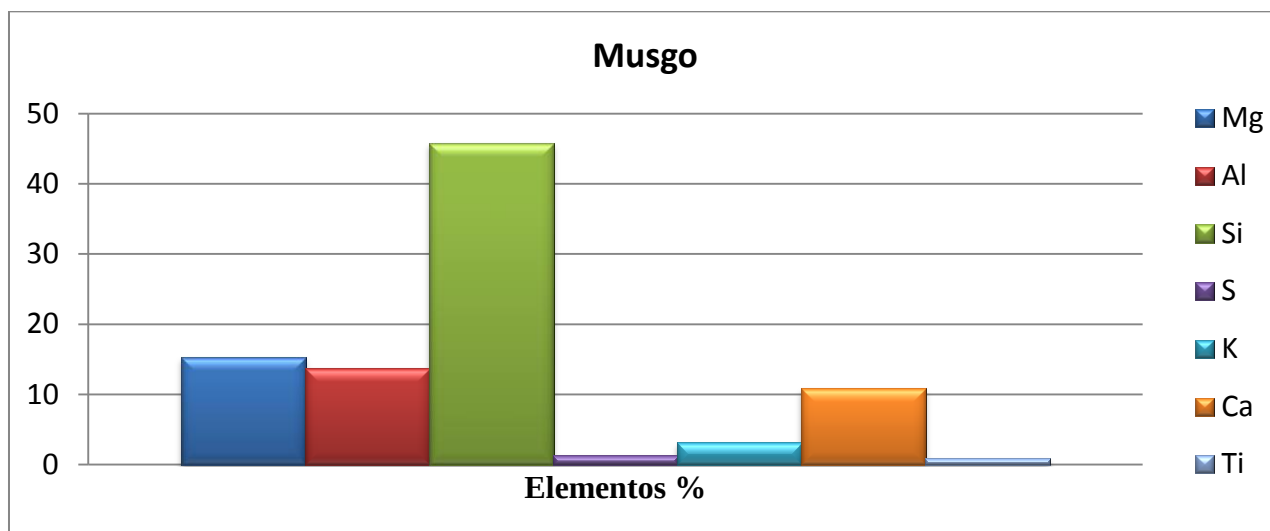


Gráfico 3.22 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes no Musgo.

Na análise feita em WDS nesta amostragem, musgo, verifica-se uma maior quantidade de Si, 45,81 %, seguido de Mg e Al como 15,32 e 13,65 %, respectivamente.

- **Recolha Superficial**

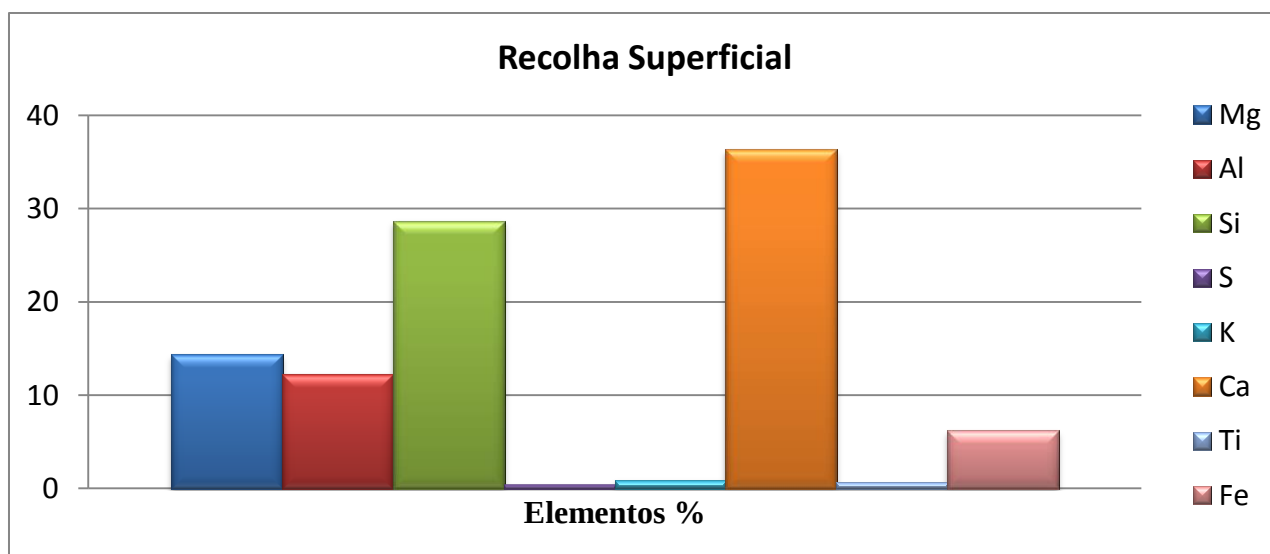


Gráfico 3.23 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na Recolha Superficial.

De seguida, nesta amostragem, recolha superficial, verifica-se uma maior quantidade de Ca, 36,37 %, seguido de Si 28,67 %.

- **Recolha Profunda**

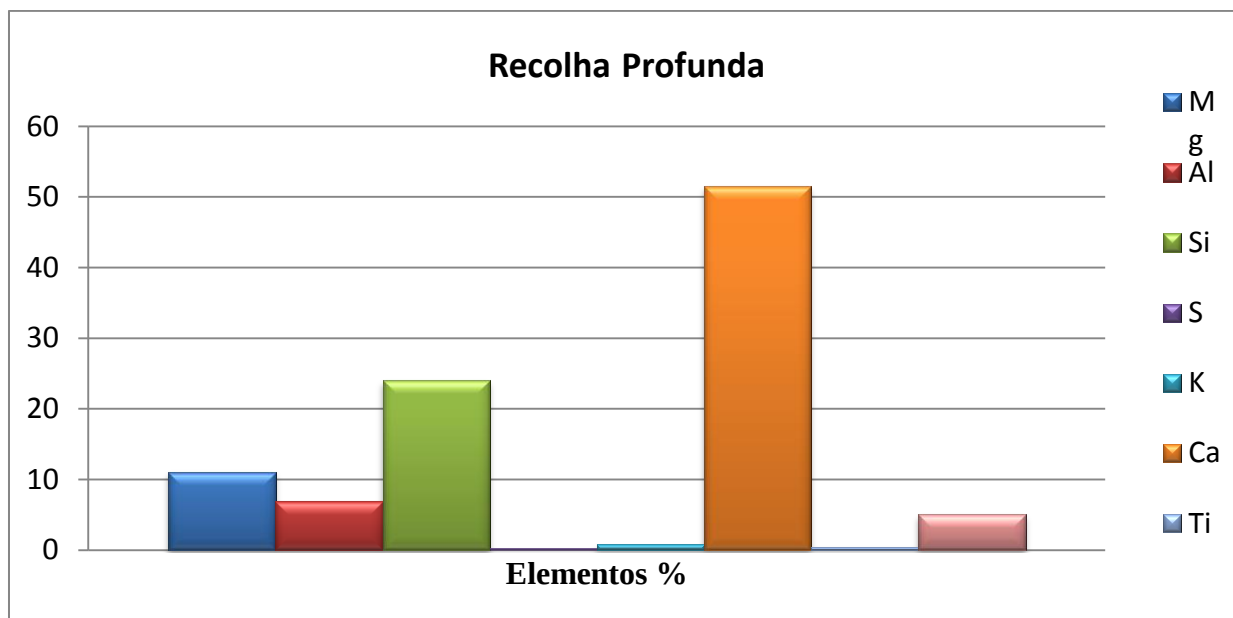


Gráfico 3.24 - Representação das quantidades de elementos químicos presentes na Recolha Profunda.

Novamente, nesta amostragem, recolha profunda, verifica-se uma maior quantidade de Ca, 51,52%, seguido de Si com 24,00%.

3.1.2.4. DRX

O Gráfico 3.25 que se segue apresenta os espectros de DRX para amostras recolhidas relativamente ao amianto, sendo feita a análise de difração de Raio-X nas três zonas, musgo, recolha superficial e recolha profunda.

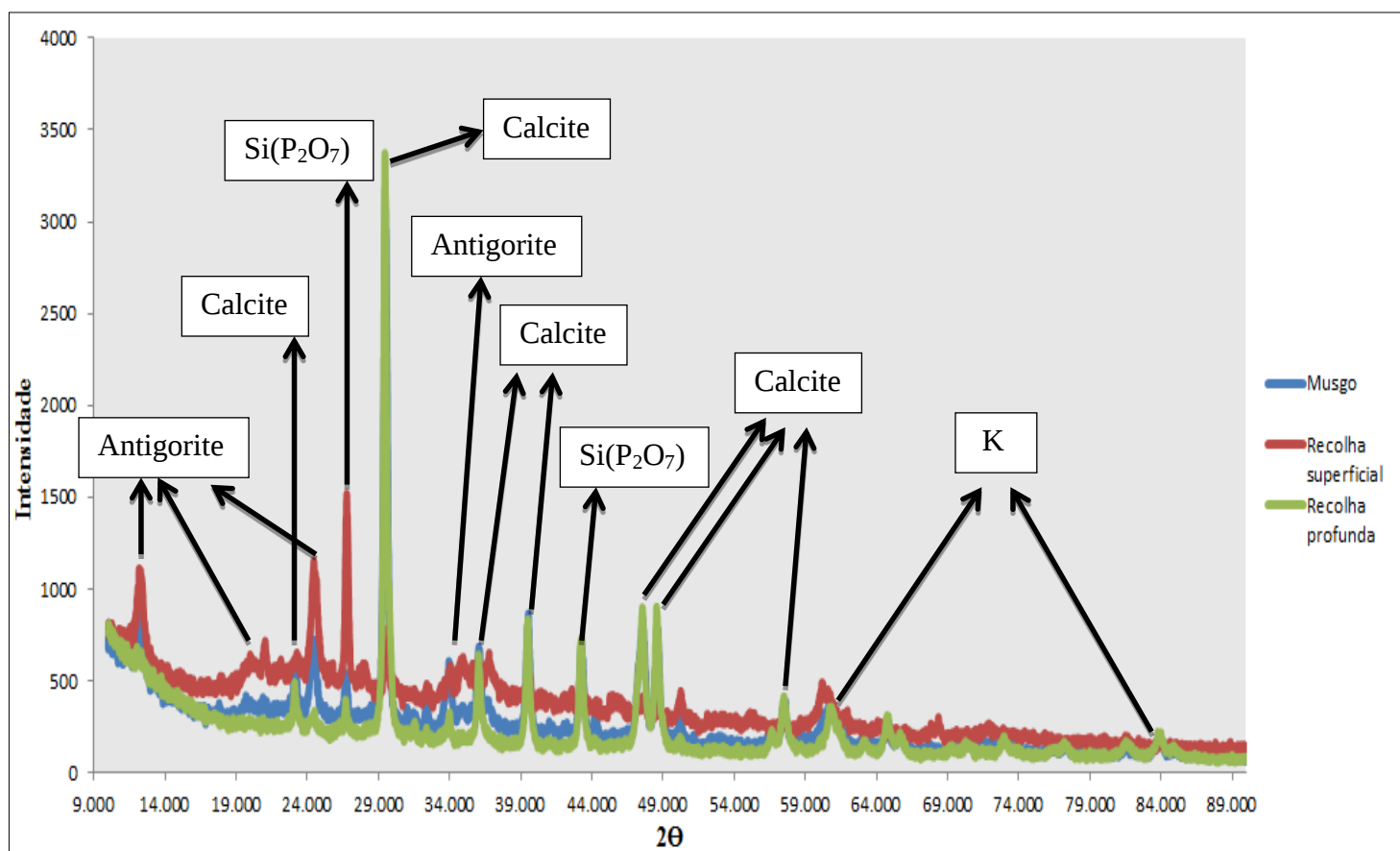


Gráfico 3.25 - Espectro de DRX da intersecção das amostras recolhidas nas três zonas

Mostrando os picos de maiores intensidades são destacados os seguintes elementos: Calcite, Antigorite, Si (P_2O_7) e K.

Os planos de Miller mais evidentes para a Calcite são os (910), (104), (110), (222), (113), (116) e (444) respectivamente aos ângulos de difração 2θ de 23.1°, 29.5°, 36.0°, 39.5°, 47.5°, 48.6° e 57.5°.

Os planos de Miller mais evidentes para a Antigorite são os (1601), (8-10), (93-1) e (20-2) respectivamente aos ângulos de difração 2θ de 12.3°, 21.0°, 24.6° e 34.8°.

Os planos de Miller mais evidentes para a Si (P_2O_7) são os (001) e (202) respectivamente aos ângulos de difração 2θ de 26.7° e 43.7° .

Os planos de Miller mais evidentes para ao Potássio (K) são os (23-1) e (552) respectivamente aos ângulos de difração 2θ de 60.7° e 83.9° .

Capítulo 4

Discussão de resultados

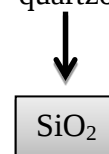
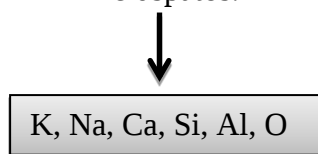
4.1. Discussão dos resultados obtidos em EDS e DRX com as composições químicas dos materiais utilizados na reabilitação

4.1.1. 1ª Fase

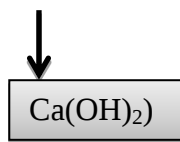
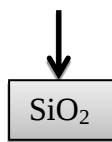
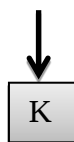
- Entrada Principal

Notado que nesta primeira fase da recolha das amostras os materiais utilizados eram nomeadamente:

- Granitos – sendo a sua composição química essencialmente quartzo e feldspatos.



- Argamassas – sendo a sua composição química essencialmente feldspato potássico, quartzo e cal.



- Betão – sendo a sua composição química Ca, O e Si.
- Metais – sendo a sua composição química Zn e Fe.
- Tubos de PVC – sendo a sua composição química Cl, C e H.
- Isolamentos – sendo a sua composição química Al, Si, Mg, K, Ca e Na.

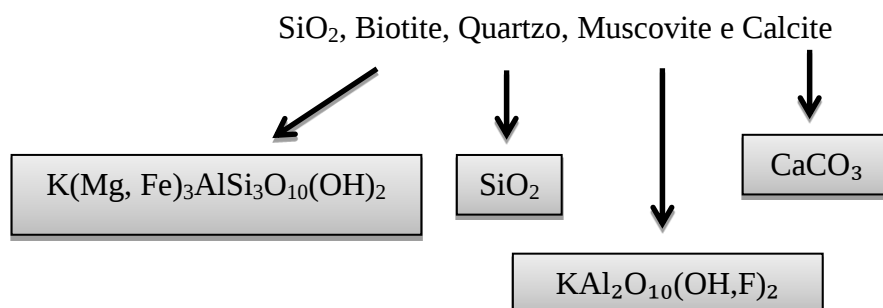
✓ Em EDS obteve-se a seguinte composição das amostras recolhidas:

Si, Ca, Mg, S, K, e Fe

Analisando a composição química obtida em EDS e os componentes utilizados na reabilitação conclui-se que apenas o S (enxofre) não existe na composição química dos materiais utilizados. Pode este facto resultar da existência de teias de aranha no local ou até mesmo das águas infiltradas, com enxofre, provenientes das chuvas. Tendo

em atenção o WDS as percentagens mais elevadas são de Si e Ca, 41,02% e 38,86%, respectivamente.

- ✓ Em **DRX** obteve-se a seguinte composição elementar das amostras recolhidas:



Tal como se pode verificar nos resultados obtidos de EDS, a presença de Si considera-se convertido, nas fórmulas químicas analisadas de DRX, em Sílica, Biotite e Quartzo. O Ca manifesta-se em Calcite, enquanto o Mg e Fe fica convertido em Biotite. Por fim o K expõem-se em Biotite e Muscovite.

Tabela 4.1 – Relação dos materiais utilizados na 1º fase na entrada principal com os resultados obtidos em DRX

	Sílica	Quartzo	Biotite	Muscovite	Calcite
Materiais utilizados nesta zona	Granitos, argamassas, betão e isolamentos	Granitos, argamassas, betão e isolamentos	Granitos, argamassas, betão, metais e isolamentos	Granitos, argamassas, betão e isolamentos	Granitos, argamassas, betão, tubos PVC e isolamentos

- **Junto à garrafeira**

Observado que nesta primeira fase da recolha das amostras os materiais utilizados eram nomeadamente:

- Gesso acartonado – sendo a sua composição química Ca, S, O e H.
- Metais – sendo a sua composição química Zn e Fe.
- Betão – sendo a sua composição química Ca, O e Si.
- Isolamentos – sendo a sua composição química Al, Fe, Mg, K e Ca.

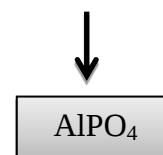
✓ Em **EDS** obteve-se a seguinte composição das amostras recolhidas:

Si, Ca, Mg, S, K, Zn, Al e Fe

Analisando a composição química obtida por EDS e os componentes utilizados na reabilitação conclui-se que todos os materiais utilizados na obra coincidem com as composições obtidas em EDS. Tendo em atenção o WDS as percentagens mais elevadas são de Si e Ca, 37,17% e 38,51%, respectivamente.

✓ Em **DRX** obteve-se a seguinte composição elementar das amostras recolhidas:

SiO₂, Biotite, Quartzo, Muscovite, Calcite e Berlinite



Tendo em conta os resultados obtidos de EDS, a presença de Si considera-se convertido, nas fórmulas químicas analisadas de DRX, em Sílica, Biotite e Quartzo. O Ca manifesta-se em Calcite, enquanto o Mg e Fe fica convertido em Biotite. O Al está presente na Berlinite, Biotite e Muscovite. Por fim o K permanece na Biotite e Muscovite.

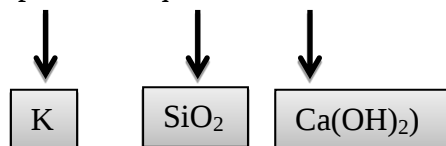
Tabela 4.2 - Relação dos materiais utilizados na 1ª fase junto à garrafeira com os resultados obtidos em DRX

	Sílica	Biotite	Quartzo	Muscovite	Calcite	Berlinite
Materiais utilizados nesta zona	Betão, gesso acartonado	Gesso acartonado, metais, betão e isolamentos	Betão, gesso acartonado	Gesso acartonado, betão e isolamentos	Gesso acartonado, betão e isolamentos	Isolamentos, gesso acartonado e betão

- **Entrada pelo pátio**

Uma vez que nesta primeira fase da recolha das amostras os materiais utilizados eram nomeadamente:

- Gesso acartonado – sendo a sua composição química Ca, S, O e H.
- Argamassas – sendo a sua composição química essencialmente feldspato potássico, quartzo e cal.



- Betão – sendo a sua composição química Ca, O e Si.
- Isolamentos – sendo a sua composição química Al, Fe, Mg, K e Ca.

✓ Em **EDS** obteve-se a seguinte composição das amostras recolhidas:

Si, Ca, Mg, S, Ti, Al e Fe

Analisando a composição química obtida na EDS e os componentes utilizados na reabilitação conclui-se que apenas o Ti não existe na composição química dos materiais utilizados nesta zona. Tal pode acontecer devido às condutas de avac, uma vez que são constituídas por chapa zincada e parafusos em aço. A presença de Ti também pode ser proveniente de partículas libertadas pelos discos de corte. Tendo em atenção o WDS as percentagens mais elevadas são de Si e Ca, 42,80% e 38,54%, respectivamente.

- ✓ Em **DRX** obteve-se a seguinte composição elementar das amostras recolhidas:

SiO₂, Quartzo, Muscovite e Calcite

Nos resultados obtidos de EDS, destaca-se a presença de Si convertido, nas fórmulas químicas analisadas de DRX, em Sílica e Quartzo e de Ca que se manifesta em Calcite. Os elementos de Mg e Fe ficam convertidos em Biotite. Por último o Al encontra-se presente na Muscovite.

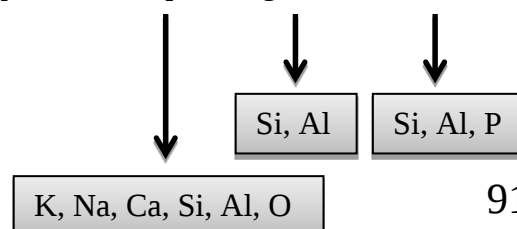
Tabela 4.3 - Relação dos materiais utilizados na 1ª fase na entrada pelo pátio com os resultados obtidos em DRX

	Sílica	Quartzo	Muscovite	Calcite
Materiais utilizados nesta zona	Betão, argamassas e gesso acartonado	Betão, argamassas e gesso acartonado	Betão, argamassas, gesso acartonado e isolamentos	Betão, argamassas, gesso acartonado e isolamentos

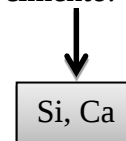
- **WC**

Sendo que nesta primeira fase da recolha das amostras os materiais utilizados eram nomeadamente:

- Tubos de PVC – sendo a sua composição química Cl, C e H.
- Betão – sendo a sua composição química Ca, O e Si.
- Cerâmicos – sendo a sua composição química feldspato, argila e calcário.



- Cimento cola – sendo a sua composição química de areia e cimento.



- ✓ Em **EDS** obteve-se a seguinte composição das amostras recolhidas:

Si, Ca, Mg, S, Ti, Al, K e Fe

Analisando a composição química obtida por EDS e os componentes utilizados na reabilitação conclui-se que não é encontrado Ti, S e Mg na composição química dos materiais utilizados nesta zona. A presença de Ti e S pode dever-se ao mesmo facto mencionado na entrada principal e na entrada pelo pátio. O Mg pode surgir dos cerâmicos aplicados nestas áreas. Tendo em atenção o WDS as percentagens mais elevadas são de Si e Ca, 31,76% e 46,55%, respectivamente.

- ✓ Em **DRX** obteve-se a seguinte composição elementar das amostras recolhidas:

SiO₂, Biotite, Quartzo, Muscovite e Calcite

Nos resultados obtidos de EDS, destaca-se novamente a presença de Si convertido, nas fórmulas químicas analisadas de DRX, em Sílica e Quartzo e de Ca que se manifesta em Calcite. Os elementos de Mg e Fe ficam convertidos em Biotite. Por último o Al e o K encontram-se presentes na Muscovite e Biotite.

Tabela 4.4 - Relação dos materiais utilizados na 1ª fase no WC com os resultados obtidos em DRX

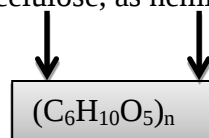
	Sílica	Biotite	Quartzo	Muscovite	Calcite
Materiais utilizados nesta zona	Betão, cerâmicos e cimento cola	Tubos de PVC, betão, cerâmicos e cimento cola	Betão, cerâmicos e cimento cola	Tubos de PVC, betão e cerâmicos	Tubos de PVC, betão, cerâmicos e cimento cola

4.1.2. 2ª Fase

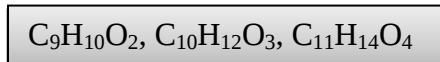
Analisando que nesta segunda fase da recolha das amostras, os materiais utilizados pelos quatro compartimentos foram nomeadamente:

- Folha de madeira, aglomerados de madeira ou MDF – A madeira é essencialmente constituída por dois tipos de compostos: os estruturais e os não estruturais.

Os componentes estruturais, dos quais fazem parte a celulose, as hemiceluloses

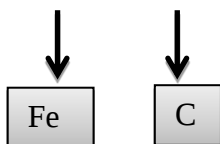


e a lignina, são as macromoléculas responsáveis pelas propriedades mecânicas da madeira.

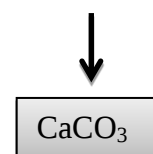


Os componentes não estruturais são constituídos por substâncias de massa molecular baixa ou média, do tipo orgânico, os extrativos, ou inorgânicos, as cinzas. As cinzas são maioritariamente constituídas por: dióxido de silício (SiO_2), óxido de alumínio (Al_2O_3) e óxido de ferro (Fe_2O_3).

- Chapa metálica de aço: O aço é uma liga metálica formada essencialmente por ferro e carbono.



- Tintas: Nesta obra de reabilitação foram utilizadas tintas da CIN, nomeadamente do tipo Vinylmatt, tendo na sua composição carbonato de cálcio (CIN, 2014).



- Cuprinol: É composto por permetrina (composto sintético utilizado em insecticidas), repelentes e acaricidas, óleo mineral e destilados de petróleo.
- Vernizes: Os vernizes são essencialmente constituídos por compostos orgânicos voláteis (COV'S).

- **Entrada Principal**

- ✓ Em EDS obteve-se a seguinte composição das amostras recolhidas:

Si, Ca, Mg, S, K, Al, P, Cl, Ti e Fe

Analizando a composição química obtida na EDS e os componentes utilizados na reabilitação conclui-se que o Ti, Mg, S, K, P e Cl não existem na composição química dos materiais utilizados nesta zona. A presença de Ti pode resultar do fato mencionado na primeira fase, a presença de Cl pode resultar dos tratamentos utilizados na madeira contra fungos e bactérias. Quanto à presença de Mg, pode dever-se à existência de restos de isolamentos, ou seja, poeiras ou filamentos. O S também pode surgir devido a vestígios do gesso acartonado. O K e o P podem surgir das argamassas, isolamentos, granitos e cerâmicos. Tendo em atenção os resultados de WDS, as percentagens mais elevadas são de Ca, Si e S, 34,77%, 24,77% e 17,00%, respectivamente.

- ✓ Em **DRX** obteve-se a seguinte composição elementar das amostras recolhidas:

Gesso, SiO₂, Quartzo, Berlinite e Calcite



CaSO₄.H₂O

Tendo em conta os resultados obtidos de EDS, a presença de Si considera-se convertido, nas fórmulas químicas analisadas de DRX, em Sílica e Quartzo. O Ca manifesta-se em Calcite e Gesso. O Al e P estão presentes na Berlinite, apenas. Por fim o S encontra-se convertido no Gesso.

Tabela 4.5 - Relação dos materiais utilizados na 2ª fase na entrada principal com os resultados obtidos em DRX

	Gesso	Sílica	Quartzo	Berlinite	Calcite
Materiais utilizados nesta zona	MDF, folhas de madeira e chapa metálica de aço	MDF, folhas de madeira e tintas	MDF, folhas de madeira e tintas	Tintas	Tintas, chapa metálica de aço

- **Junto à garrafeira**

✓ Em **EDS** obteve-se a seguinte composição das amostras recolhidas:

Si, Ca, Mg, S, K, Al e Fe

Observando a composição química obtida na EDS e os componentes utilizados na reabilitação conclui-se que Mg, S, K não existem na composição química dos materiais utilizados nesta zona. A presença de Mg, S e K pode ter origem no já mencionado anteriormente para a entrada principal. Tendo em atenção o WDS, as percentagens mais elevadas são de Ca, Si e S, 60,88%, 15,82% e 16,79%, respectivamente.

✓ Em **DRX** obteve-se a seguinte composição elementar das amostras recolhidas:

Gesso, SiO₂, Quartzo, Berlinite e Calcite

Tal como os resultados obtidos de EDS, destacam-se a presença de Si transformado, nas fórmulas químicas analisadas de DRX, em Sílica e Quartzo. O Ca manifesta-se em Calcite e Gesso. O Al encontra-se presente na Berlinite, apenas. Por fim o S encontra-se convertido no Gesso, novamente.

Tabela 4.6 - Relação dos materiais utilizados na 2ª fase junto à garrafeira com os resultados obtidos em DRX

	Gesso	Sílica	Quartzo	Berlinite	Calcite
Materiais utilizados nesta zona	MDF, folhas de madeira e chapa metálica de aço	MDF, folhas de madeira e tintas	MDF, folhas de madeira e tintas	Tintas	Tintas, chapa metálica de aço

- **Entrada pelo pátio**

✓ Em **EDS** obteve-se a seguinte composição das amostras recolhidas:

Si, Ca, Mg, S, K, Al, Na, e Fe

Dissecando a composição química obtida em EDS e os componentes utilizados na reabilitação conclui-se que Mg, S, K e Na não existem na composição química dos materiais utilizados nesta zona. A presença de Mg, S e K pode resultar do mesmo fato já anteriormente na entrada principal. Relativamente ao Na, considera-se que pode ser proveniente dos cerâmicos utilizados na reabilitação. Tendo em atenção o WDS, as percentagens mais elevadas são de Ca e Si, 37,33% e 39,93%, respectivamente.

✓ Em **DRX** obteve-se a seguinte composição elementar das amostras recolhidas:

Gesso, SiO₂, Quartzo e Calcite

Usufruindo dos resultados obtidos de EDS, a presença de Si considera-se convertido, nas fórmulas químicas analisadas de DRX, em Sílica e Quartzo. O Ca manifesta-se em Calcite e Gesso. Por último o S encontra-se convertido no Gesso.

Tabela 4.7 - Relação dos materiais utilizados na 2ª fase na entrada principal com os resultados obtidos em DRX

	Gesso	Sílica	Quartzo	Calcite
Materiais utilizados nesta zona	MDF, folhas de madeira e chapa metálica de aço	MDF, folhas de madeira e tintas	MDF, folhas de madeira e tintas	Tintas, chapa metálica de aço

- **WC**

- ✓ Em **EDS** obteve-se a seguinte composição das amostras recolhidas:

Si, Ca, Mg, S, K, Al, Na e Fe

Examinando a composição química obtida na EDS e os componentes utilizados na reabilitação conclui-se que Mg, S, K e Na não existem na composição química dos materiais utilizados nesta zona. A presença de Mg, S e K pode resultar do mesmo fato dito primeiro na entrada principal. Analogamente, o Na, pode considerar-se desprezável devido ao fato de poder ser proveniente do suor das mãos, como foi referido anteriormente. Tendo em atenção o WDS as percentagens mais elevadas são de Ca e Si, 69,49% e 39,93%, respectivamente.

- ✓ Em **DRX** obteve-se a seguinte composição elementar das amostras recolhidas:

Gesso, SiO₂, Quartzo e Calcite

Possuindo os resultados obtidos de EDS, destaca-se a presença de Si convertido, nas fórmulas químicas analisadas de DRX, em Sílica e Quartzo. O Ca manifesta-se em Calcite e Gesso. Por último o S encontra-se convertido em Gesso, como referido anteriormente.

Tabela 4.8 - Relação dos materiais utilizados na 2ª fase no WC com os resultados obtidos em DRX

	Gesso	Sílica	Quartzo	Calcite
Materiais utilizados nesta zona	MDF, folhas de madeira e chapa metálica de aço	MDF, folhas de madeira e tintas	MDF, folhas de madeira e tintas	Tintas, chapa metálica de aço

A tabela seguinte evidencia um resumo da discussão dos resultados de EDS e DRX nas duas fases distintas.

Tabela 4.9 - Resumo da discussão de resultados relativa a EDS e DRX nas duas fases

Análises	Primeira Fase				Segunda Fase			
	Entrada principal	Junto à garrafeira	Entrada pelo pátio	WC	Entrada principal	Junto à garrafeira	Entrada pelo pátio	WC
EDS	Si, Ca, Mg, S, K, e Fe	Si, Ca, Mg, S, K, Zn, Al e Fe	Si, Ca, Mg, S, Ti, Al e Fe	Si, Ca, Mg, S, Ti, Al, K e Fe	Si, Ca, Mg, S, K, Al, P, Cl, Ti e Fe	Si, Ca, Mg, S, K, Al e Fe	Si, Ca, Mg, S, K, Al, Na, e Fe	Si, Ca, Mg, S, K, Al, Na e Fe
DRX	SiO ₂ , Biotite, Quartzo, Muscovite e Calcite	SiO ₂ , Biotite, Quartzo, Muscovite, Calcite e Berlinite	SiO ₂ , Quartzo, Muscovite e Calcite	SiO ₂ , Biotite, Quartzo, Muscovite e Calcite	Gesso, SiO ₂ , Quartzo, Berlinite e Calcite	Gesso, SiO ₂ , Quartzo, Berlinite e Calcite	Gesso, SiO ₂ , Quartzo e Calcite	Gesso, SiO ₂ , Quartzo e Calcite

4.2. Discussão dos resultados obtidos em EDS e DRX do amianto

- Musgo

✓ Em EDS obteve-se a seguinte composição das amostras recolhidas:

Fibra do tipo Actinolite

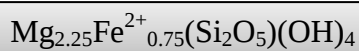
Tabela 4.10 - Percentagem da composição química da actinolite (Mineralogydatabase, 2016)

Actinolite				
Fórmula química	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$			
Composição	Na	0.59%	Na₂O	0.80%
	Ca	8.60%	CaO	12.03%
	Mg	9.71%	MgO	16.11%
	Ti	0.11%	TiO₂	0.19%
	Mn	0.13%	MnO	0.17%
	Al	1.39%	Al₂O₃	2.63%
	Fe	8.58%	FeO	10.61%
	Si	25.64%	SiO₂	54.86%
	H	0.24%	H₂O	2.11%
	O	45.01%		
Total		100.00%		100.00%

Tendo em atenção o WDS as percentagens mais elevadas são de Si, Mg, Al e Ca ao qual correspondem as seguintes percentagens 45,81 %, 15,32 %, 13,65 % e 10,84 %. Tais elementos encontram-se presentes na fórmula química da actinolite.

- ✓ Em **DRX** obteve-se a seguinte composição elementar das amostras recolhidas:

Antigorite, Calcite e Potássio



Verificando os resultados obtidos de EDS, destaca-se a presença de Si e Mg convertido, nas fórmulas químicas analisadas de DRX, em Antigorite. De seguida o Ca manifesta-se em Calcite.

- **Recolha Superficial**

- ✓ Em **EDS** obteve-se a seguinte composição das amostras recolhidas:

Fibra do tipo Actinolite

Tendo em atenção o WDS as percentagens mais elevadas são de Ca, Si, Mg, Al e Fe, sendo 36,37 %, 28,67 %, 14.36 %, 12.29 % e 6.24 %, respectivamente.

- ✓ Em **DRX** obteve-se a seguinte composição elementar das amostras recolhidas:

Antigorite, Calcite, $\text{Si}(\text{P}_2\text{O}_7)$ e Potássio



Pirofosfato de
Silício

Confirmando os resultados obtidos de EDS, destaca-se a presença de Si convertido, nas fórmulas químicas analisadas de DRX, em Antigorite e em Pirofosfato de Silício. De seguida o Mg manifesta-se em Antigorite, assim como Fe. Por fim o Ca é visível na Calcite.

- **Recolha Profunda**

✓ Em **EDS** obteve-se a seguinte composição das amostras recolhidas:

Fibra do tipo Actinolite

Tendo em atenção o WDS as percentagens mais elevadas são de Ca, Si, Mg, Al e Fe, sendo 51,52%, 24,00%, 11.04 %, 6.91 % e 5.08 %, analogamente.

✓ Em **DRX** obteve-se a seguinte composição elementar das amostras recolhidas:

Calcite, $\text{Si}(\text{P}_2\text{O}_7)$ e Potássio

Analisando os resultados obtidos de EDS, destaca-se a presença de Si convertido, nas fórmulas químicas analisadas de DRX, em pirofosfato de silício. De seguida o Fe manifesta-se em Antigorite. Por último o Ca é visível novamente na Calcite.

Tabela 4.11 - Resumo da discussão de resultados relativa a EDS e DRX do amianto

Análises	Recolhas		
	Musgo	Superficial	Profunda
EDS	Actinolite	Actinolite	Actinolite
DRX	Antigorite, Calcite e Potássio	Antigorite, Calcite, $\text{Si}(\text{P}_2\text{O}_7)$ e Potássio	Calcite, $\text{Si}(\text{P}_2\text{O}_7)$ e Potássio

4.3. Comparação da primeira para a segunda amostragem dos resultados alcançados na reabilitação

➤ MEV

Tendo em conta a análise de MEV, as amostras diferenciam-se no tamanho, na heterogeneidade e na forma. Assim sendo, podemos comparar as mudanças dessas características da primeira para a segunda amostragem.

✓ **Tamanho:**

Analisando os tamanhos das partículas nas diferentes zonas, fazendo uma média entre o tamanho mínimo e máximo dessas zonas, conclui-se que da primeira para a segunda amostragem os tamanhos das partículas aumentam. Apenas na primeira zona, ou seja, na entrada principal acontece o inverso. Tal facto acontece, uma vez que na primeira fase das recolhas, estando em período de demolição as partículas poderem apresentar tamanhos mais reduzidos devido aos trabalhos da obra.

✓ **Heterogeneidade:**

Tendo em conta a heterogeneidade, as partículas na primeira amostragem são variadas, sendo duas zonas com partículas distintas e duas com partículas semelhantes. Comparando com a segunda amostragem as partículas passam a ser totalmente distintas em todas as zonas. Esta ocorrência sucede devido ao estado da obra, ou seja, no início durante a demolição, a obra era ampla. Assim, estando os materiais todos juntos haverá partículas diferenciadas. No final da reabilitação o mesmo acontece, mas devido ao facto da utilização de diversos materiais novos, as partículas podem apresentar maior heterogeneidade.

✓ **Forma:**

Relativamente à característica forma, as partículas modificam imensamente, sendo que apenas na entrada pelo pátio se mantém as mesmas formas, aparecendo ainda filamentos na segunda amostragem. Estes filamentos podem ser atribuídos aos materiais de isolamento, uma vez que foram utilizados lã de rocha e de vidro durante a reabilitação.

➤ EDS

Avaliando a análise de EDS, podemos comparar da primeira para a segunda amostragem a presença ou ausência de elementos químicos. Assim, relativamente à entrada principal afirmar-se que houve aparecimento de elementos novos como P, Cl, Al e Ti. Na zona junto à garrafeira apenas deixou de se observar a presença do Zn. Nas duas zonas, entrada pelo pátio e no WC, deixou de existir Ti e surgiu um novo elemento, o Na. Assim sendo, todos os materiais encontrados na fase inicial se mantêm, tendo surgido apenas P, Cl, Al, Na e Ti devido à aplicação de cerâmicos, produtos de limpeza, madeiras e tratamentos para madeiras (Cuprinol).

➤ WDS

Verificando a análise de WDS, as amostras comparam-se analogamente à presença, que se destaca, de Si, Ca e S.

✓ Si:

Na entrada principal, junto à garrafeira e WC, na segunda amostragem existe uma diminuição das quantidades presentes, enquanto na entrada pelo pátio há um aumento de percentagem, mas pouco significativo.

✓ Ca:

Na entrada principal e na entrada pelo pátio há uma diminuição das percentagens de cálcio embora pouco significativa. Enquanto nas restantes zonas há um aumento das percentagens bastante significativo, praticamente duplicando a quantidade obtida. O caso das percentagens de Ca ter um aumento considerável resulta da aplicação de diversas tintas que são compostas por carbonato de cálcio, essencialmente.

✓ S:

Em relação ao enxofre, na primeira amostragem as percentagens eram muito pequenas, não tendo valores consideráveis ou mesmo inexistente. Relativamente à segunda amostragem pode dizer-se que surge S na entrada principal e junto à garrafeira,

ou seja, apresenta valores percentuais consideráveis. Este resultado pode explicar-se pela presença de vestígios de gesso acartonado.

➤ DRX

Analisando o DRX da primeira para a segunda amostragem existem modificações significativas. Ocorre o desaparecimento de compostos como Biotite e Muscovite. Estando estes elementos ligados aos granitos, nesta segunda fase haverá um decréscimo das partículas graníticas. O aparecimento de novos elementos, como o Gesso, ocorre devido à uma grande percentagem de gesso usado durante a reabilitação.

4.4. Potenciais de toxicidade

Após elaboradas todas as análises e depois de examinadas, não existem elementos com potenciais tóxicos ativos, além da elevada percentagem de Si que surgiu durante a obra toda, sendo este elemento químico nocivo para a saúde depois de inaladas as partículas. No entanto tal não significa que não os possua. Podem estar dissolvidos em diversos elementos onde não são perceptíveis com os limites de deteção das técnicas utilizadas neste trabalho.

4.5. Amianto vs Reabilitação

Comparando as análises feitas em relação ao amianto, numa escola do distrito de Vila Real, com as análises do edifício reabilitado no centro do Porto, não existe qualquer evidência da presença de amianto neste edifício, quer antes quer após reabilitação.

Capítulo 5

Conclusões e Sugestões de Trabalhos Futuros

5.1. Conclusões

Uma vez que são edifícios com muitos anos de existência é importante realizar estas análises para adquirir conhecimento acerca dos elementos que se poderão encontrar nestes edifícios, e aferir se surgem elementos com potencial toxicidade.

Apesar de ser um edifício construído antes da década de 1940, onde seria provável encontrar elementos como metais pesados (cobre, chumbo, cádmio, crómio, níquel e estanho), COV'S e amianto, o estudo elaborado indicia que neste edifício em estudo não foram detetados estes elementos.

De uma forma geral, conclui-se que da fase de demolição para a fase final de reabilitação surgiram novos elementos como P, Cl, Al, Na e Ti devido à aplicação de cerâmicos, produtos de limpeza, madeiras e tratamentos para madeiras (Cuprinol), mantendo-se os elementos iniciais, Si, Ca, Mg, S, K, Fe e Al. Em contra partida o Zn desapareceu.

Por análise de DRX verifica-se que entre a fase de demolição e a fase de reabilitação existem modificações significativas. Ocorre o desaparecimento de elementos como Biotite e Muscovite. Tal sucede porque estando estes elementos ligados aos granitos, durante a reabilitação haverá um decréscimo das partículas graníticas. E surgem novos compostos como o Gesso, que poderá ocorrer devido à grande quantidade de gesso usado durante a reabilitação.

Apesar de não terem sido detetados elementos de potencial toxicidade após finalização da obra, surgem alguns dados que nos permitem prever a presença de compostos com nível médio de toxicidade, como compostos orgânicos voláteis (COV'S) e dos ftalatos.

5.2. Sugestões de trabalhos futuros

Deveriam ser incentivados trabalhos futuros nesta área visto que a reabilitação, só na cidade do Porto, tem apresentado um número elevado de obras nos últimos anos. A Câmara Municipal do Porto, entre 2005 e 2012, reabilitou uma média de 903 edifícios. Assim, estes trabalhos podem surgir para confirmação eliminação de produtos tóxicos em consequência da reabilitação, embora também possam surgir fatores nocivos, ou seja, outro tipo de elementos potencialmente perigosos e não utilizados aquando da construção inicial.

Num próximo trabalho, além da realização de análises experimentais utilizadas ao logo desta dissertação, utilizar um aparelho de deteção de poeiras. Estes aspiram os pós do meio ambiente e posteriormente identificam os elementos existentes.

Com as recolhas concretizadas podem elaborar-se outras análises, como por exemplo a microscopia de transmissão que nos permitiria a observação das partículas ao nível dos nanómetros, enquanto a microscopia de varrimento apenas nos permitiu a observação das partículas ao nível dos micrómetros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACSS, A. C. (2008). *Guia para procedimentos de investigação de materiais com amianto de Ações de controlo em unidades de saúde*.
- Adams, L. K., Lyon, D. Y., & Alvarez, P. J. (Novembro de 2006). Comparative ecotoxicity of nanoscale TiO₂, SiO₂, and ZnO. *Wather Research*, pp. 3527-3532.
- Afonso, J. C. (Novembro de 2009). Radônio. *Química Nova Na Escola*, pp. 267-268.
- AGF. (2013). "<http://www.agf-marmores.pt/produtos.htm?category=2&id=14>". Obtido de António Gaalego & Filhos.
- Almeida, P. C. (2006). *Estudo da influência da temperatura e do tempo de prensagem nas características físico mecânicas de diferentes tipos de MDF aquando do seu revestimento por prensagem*. Universidade Técnica de Lisboa: Tese de Mestrado.
- Alves, F. E., Silva, P. P., & Guerra, W. (2010). Metais do grupo da platina: história, propriedades e aplicações. *Química 119 - Out/Dez 10*, pp. 27-33.
- Antoniassi, J. L. (2010). *A difração de Raios-X com o método Rietveld aplicada a baixitas de porto trombetas, PA*. São Paulo.
- Apex. (27 de Novembro de 2015). FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA EM PRODUTOS QUÍMICOS FISPQ.
- Barbosa, F. R. (13 de Abril de 2015). Gesso na construção civil. "http://api.ning.com/files/PPBthYeJg1kPV80*oUtfMgnBrzpFH04UoKAegiqYuiWiX3bWnBVxCZs-keZd1DpGjl5hHi-tpRNwcx4c90Lg2GBS65GLYbEX/GessonaConstruoCivil.pdf".
- Boaventura, R. (2000). Revista portuguesa de arqueologia. *A geologia das Antas de Rabuje (Monforte, Alentejo)*, p. 15.

- Borges, P. R., V.T., Peixoto, R. A., Tenório, J. A., Oliveira, J. d., & Borlini, M. C. (2008). *Caracterização de resíduo de lã de vidro e avaliação de sua utilização na fabricação de concreto*. Artigo científico.
- Bradley, S. (2011). Nanopartículas suscitam temores para a saúde. *Swissinfo*, 1.
- Cardoso, M. (14 de Abril de 2015). Hidróxido de Cálcio - Infoescola. "<http://www.infoescola.com/quimica/hidroxido-de-calcio/>".
- Carvalho, F. P. (2009). RADÃO E EDIFÍCIOS. Qualidade do ar interior. *CAPTAR - ciência e ambiente para todos*, pp. 127-135.
- Chiarelli. (2008). Obtido em 27 de Abril de 2015, de <http://1304.br.all.biz/contacts>
- CIN. (30 de Janeiro de 2014). Ficha de dados de segurança. pp. 1-6.
- CMVPA.(2015). "<http://www.cmvpaguiar.pt/dataFiles/files/20130212171145000000.pdf>". Obtido de Câmara Municipal de Vila Pouca de Aguiar.
- Correia, R. M. (2011). *Influência das propriedades petrofísicas na fragmentação de rochas graníticas por detonação com explosivos*. Coimbra: Tese de dissertação.
- CRQ-IVRegião. (27 de Abril de 2015). Conselho Regional de Química- IV Região. "http://www.crq4.org.br/quimica_viva__ceramicas_".
- CulturaMix. (27 de Abril de 2015). "<http://imoveis.culturamix.com/construcao/cimento-cola>".
- Cunha, H. (2014). *Química em cores*. Obtido em 4 de Maio de 2015, de <http://quimicaemcores.blogspot.pt/2014/06/do-que-sao-feitas-as-tintas.html>
- Divercol. (2009). Obtido em 4 de Maio de 2015, de http://www.divercol.pt/pt/produtos/index_tintas.php?view=tintas&grupo=ca
- Donadio, P. A. (2011). *Manual básico sobre tintas*.
- FACTS. (2004). Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho. *O amianto na construção civil*, p. 51.

- Febrava.(2015). *Engenharia Arquitetura*. Obtido em 2015, de <http://www.engenhariaearquitetura.com.br>
- Ferrao.(13de Janeiro de 2014). *Ferrao.org*. Obtido de "<http://ferrao.org/2010/12/dimitri-khalezov-11-de-setembro-a-terceira-verdade/>"
- Ferreira, V. M., Bragança, L., Dias, A. B., Afonso, A. S., & Brito, J. d. (2010). *Inovação na construção Sustentável*. Guimarães: centroHabitat.
- Habitintas. (2012). Obtido em 22 de Abril de 2016, de <http://www.habitintas.com/pt/CUPRINOL-ANTI-CARUNCHO/P3893/>
- Hilditch, E. A. (18 de Março de 1980). Compositions containing preservative metals and their use for the preservation of wood and like materials and as fungicides . *Concessão - Patente*.
- ISO/TR. (01 de Fevereiro de 2007). Workplace atmospheres -- Ultrafine, nanoparticle and nano-structured aerosols -- Inhalation exposure characterization and assessment. *ISO/TR 27628:2007*.
- ISO/TS. (2008). ISO/TS 27687:2008. *Nanotechnologies — Terminology and definitions for nanoobjects*.
- Jacobs, D. E., Clickner, R. P., Zhou, J. Y., Viet, S. M., Marker, D. A., Rogers, J. W., et al. (Outubro de 2002). The Prevalence of Lead-Based Paint Hazards in U.S. Housing. *Environmental Health Perspectives*, pp. 599-606.
- LNEG. (12 de Abril de 2012). "http://www.lneg.pt/download/5354/Encontrharte2012_Jorge%20Carvalho.pdf" . Obtido de Laboratório Nacional de Engenharia Geológica.
- Machado, L. M. (2011). *Material Compósito - Propriedades do aglomerado de Gesso e Partículas Fragmentadas de Bambu (Phyllostachys Edulis)*. ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto: Tese de Mestrado.
- Matte, T. D., & Jacobs, D. E. (Março de 2000). Housing and health - current issues and implications for research and programs. *JOURNAL OF URBAN BULLETIN OF THE NEW YORK ACADEMY OF MEDICINE*, pp. 7-25.

- Metalica, P. (13 de Abril de 2015). "<http://www.metalica.com.br/dry-wall-fabricacao-utilizacao-e-vantagens>".
- Mineralogydatabase. (Maio de 2016). <http://webmineral.com/>.
- Monteiro, A. J. (2005). Revestimentos multicamada PVD com comportamento electrocrómico. Universidade do Minho.
- Moreira, F. R., & Moreira, J. C. (2004). Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health*, pp. 119-129.
- MundoEducação.(21deAbrilde2015)."<http://www.mundoeducacao.com/quimica/polimero-pvc-policloreto-vinila.htm>".
- Olea, C. A. (2002). *Caracterização por microscopia electrónica do aço SAE1141 microligado ao Nb*. Porto: Tese de Mestrado.
- Ortiz, O., Castells, F., & Sonnemann, G. (21 de Fevereiro de 2008). Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. *ScienceDirect*.
- Pedras,B.(13deAbrilde2015)."<https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CC0QFjAC&url=http%3A%2F%2Fbigpedras.com%2Findex.php%2Fprodutos%2Fgranitos%2F&ei=tucrVcKMEYSSsAG8nYPIDg&usg=AFQjCNFz29iCOlGNWQv6f3ZmGtQtXJxdvw&sig2=KjwBSysZVtFImxCarL7PaQ>".
- Pereira, A. L. (2008). *Amianto: Medidas para a implementação de um plano de controlo num edifício*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Pereira, J. C. (2010). *Estudo do comportamento de nanopartículas de dióxido de titânio em diferentes suspensões*. Lisboa: Tese de Mestrado.
- Pferd. (2006). *Corte, desbaste, POLIFAN*.
- Pinterest. (2009). Obtido em 28 de Abril de 2015, de <https://br.pinterest.com/pin/536280268107890531/>

- Prakasha, S., Mercy, J., Teja, P. V., & Vijayalakshmi, P. (2014). ANFIS modeling of delamination during drilling of Medium Density Fiber (MDF) board . *Procedia Engineering*, pp. 258 – 266 .
- Recicloteca. (2015). Centro de informações sobre reciclagem e meio ambiente. *Metal*.
- Refratil. (2015). *Refratil Refratários*. Obtido em 2015, de <http://www.refratil.com.br>
- Reis, J. R. (2014). *Funcionalização de Fibras de Celulose em Papel com Nanopartículas: Aplicação como bactericida*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- Rio, P. . (2002). Toxicologia dos Ftalatos. *Certificação digital*, pp. 39-49.
- ROCKWOOL.(21deAbrilde2015)."<http://download.rockwool.es/media/132797/ficha%20de%20seguridad%2001-2013pt.pdf>".
- Santos, I. (Julho/Agosto de 2004). Segurança. *Remoção do amianto? Uma questão de bom senso*. Lisboa: Activo Humano.
- Segurança. (2015). Radão no interior dos edifícios. *Revista Segurança*.
- Seriscreen. (s.d.). Obtido em 4 de Maio de 2015, de <http://graficas.gooto.com.br/index.php?procurando=r&inic=7421&modo=b>
- Sival. (2008). Obtido em 21 de Abril de 2015, de <http://www.sival2.pt/index.php?id=5&aid=1&fid=2>
- Sival. (2015). *Sival plásticos especiais*. Obtido em 2015, de <http://www.sival2.pt>
- Teixeira, V., & Marques, C. (2011). *A Nanociência, a Nanotecnologia e o Calçado por CTCP - Centro Tecnológico do Calçado de Portugal*. São João da Madeira: Compete.
- Torgal, F. P., & Jalali, S. (2010). *A sustentabilidade dos materiais de construção* . Vila Verde: Gráfica Vilaverdense – Artes Gráficas, Lda.
- Torgal, F. P., & Jalali, S. (28 de Julho de 2010). Toxicity of building materials: a key issue in sustainable construction. *Ambiente Construído, Porto Alegre*, pp. 41-53.

Torgal, P. F., & Jalali, S. (11 de Agosto de 2010). Nanotechnology: Advantages and drawbacks in the field of construction. *Construction and Building Materials*, pp. 582-590.

University of Essex for Nanocap. (s.d.). Measurement Techniques For Nanoparticles.

ValeFoco. (s.d.). *Construções e revestimentos*. Obtido em 21 de Abril de 2015, de <http://valefoco.com.br/beta/la-de-vidro/>

Vilanova, V., & Fernandes, J. (14 de Abril de 2015). "<http://araujovilanova.blogspot.pt/2010/09/dicionario-geologico-continuacao-s.html>".

