

2009



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Susana N. O. Ribeiro
1980630

ESTUDO COMPARATIVO DAS ALTERAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM SOLO SUJEITO A FOGO CONTROLADO

Orientador: Doutora Cristina D. A. de Matos
Co-orientador: Doutora Ana Cristina M. Castro

Resumo

Este trabalho teve como objectivo o estudo da variação das características químicas de um solo sujeito a fogo controlado.

Como tal, foram estudadas duas áreas localizadas em dois locais distintos Caminha com 1 ha e Serra da Cabreira com 54.6 ha. Na primeira área sujeita ao fogo controlado foram seleccionados 5 pontos amostrais a diferentes profundidades: 0-3 cm, 3-6 cm e 6-18 cm. Na segunda, foram seleccionados aleatoriamente 20 pontos de amostragem ao longo da área a estudar. As amostras foram recolhidas antes da queima, logo após a queima, 30, 90, 270 e 360 dias após a mesma, para o primeiro caso, e antes, logo após, 125 e 196 dias depois da queima, para o segundo. Em Caminha foram estudadas as variações do pH, teor de humidade, teor de matéria orgânica e teor total de Fe. Na Serra da Cabreira, para além de terem sido estudados as variações dos parâmetros anteriores, também foram estudadas as variações dos teores totais de Mg, K e Ca.

Na área de Caminha, verificou-se um aumento do pH e do teor total de Fe, logo após a queima e uma diminuição dos teores de humidade e matéria orgânica. Um ano após o fogo controlado, houve uma diminuição do pH e do teor de humidade, matéria orgânica e Fe total, relativamente aos valores iniciais. A localização do ponto de recolha parece influenciar estes parâmetros com excepção do pH, sendo que o local com maior variação é aquele situado perto de uma linha de água.

Relativamente à Serra da Cabreira, o pH não sofreu alterações significativas durante o período de recolha de amostras, tendo inclusivamente mantido praticamente o seu valor inicial, logo após a queima.

Logo após o fogo controlado verificou-se um ligeiro aumento do teor médio de matéria orgânica, bem como do teor total médio de Fe. O teor médio de humidade, o teor total médio de Mg e o teor total médio de K apresentaram reduções relativamente aos valores iniciais. No final do período de amostragem o teor médio de matéria orgânica diminuiu, tendo em conta o seu valor antes do fogo controlado. Os teores totais médios de Fe, Mg e K aumentaram relativamente aos valores iniciais.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Incêndios florestais	1
1.1.1	Os incêndios em Portugal.....	2
1.2	Fogo controlado	3
1.3	Consequências do fogo.....	5
2	Descrição experimental	11
2.1	Reagentes e soluções.....	11
2.1.1	Ácido nítrico 8 molL ⁻¹	11
2.1.2	Água desionizada	11
2.1.3	Difenilaminossulfonato de sódio	11
2.1.4	Mistura oxidante	11
2.1.5	Solução de sulfato de ferro e amónio (SFA) 0,40 molL ⁻¹	11
2.1.6	Soluções padrão mãe de 1000mg/L	11
2.1.6.1	Solução de 1000mg/L para a determinação de Ca	12
2.1.6.2	Solução de 1000mg/L para a determinação de Fe	12
2.1.6.3	Solução de 1000mg/L para a determinação de Mg.....	12
2.1.6.4	Solução de 1000mg/L para a determinação de K.....	12
2.2	Material utilizado	12
2.3	Equipamento	12
2.3.1	Medidor de pH	12
2.3.2	Centrífuga	13
2.3.3	Balança de infravermelhos.....	13
2.3.4	Balança analítica	13
2.3.5	Espectrofotómetro de Absorção Atómica (EAA)	13
2.3.6	Digestor	14
2.3.7	Estufa	14
2.4	Localização da área amostrada	14
2.4.1	Caminha.....	14
2.4.2	Serra da Cabreira.....	15
2.5	Amostragem.....	15
2.5.1	Caminha.....	15
2.5.2	Serra da Cabreira.....	16
2.6	Preparação das amostras.....	17
2.7	Procedimentos laboratoriais	17

2.7.1	Determinação do pH.....	17
2.7.2	Determinação da humidade do solo	17
2.7.3	Determinação da matéria orgânica	18
3	Resultados e discussão	19
3.1	Caminha	19
3.1.1	Resultados dos valores de pH das amostras de Caminha	19
3.1.2	Determinação do teor de humidade das amostras de Caminha	21
3.1.2.1	Validação do uso da Balança de Infravermelhos	21
3.1.2.2	Resultados dos teores de humidade de Caminha	22
3.1.3	Resultados dos teores de matéria orgânica nas amostras de Caminha	25
3.1.4	Determinação dos teores totais de Fe nas amostras de Caminha	26
3.1.4.1	Curva de calibração para a determinação do Fe	26
3.1.4.2	Validação estatística do método analítico	27
3.1.4.3	Resultados dos teores totais de Fe de Caminha	28
3.2	Serra da Cabreira	30
3.2.1	Resultados dos valores de pH da Serra da Cabreira	31
3.2.2	Resultados dos teores de Humidade da Serra de Cabreira	32
3.2.3	Resultados dos teores de matéria orgânica da Serra da Cabreira	34
3.2.4	Resultados dos teor totais de Fe da Serra da Cabreira	35
3.2.5	Resultados dos teores totais de Mg da Serra da Cabreira	36
3.2.6	Resultados dos teores totais de K da Serra da Cabreira	37
3.2.7	Resultados dos teores totais de Ca para a Serra da Cabreira...	38
4	Conclusões.....	39
5	Referências Bibliográficas	41
6	Nomenclatura.....	44
7	Anexos	45
	Anexo I	45
	Anexo II	46
	Anexo III	51
	Anexo IV.....	69

Índice de Figuras

Figura 1: Tipos de fogo	1
Figura 2: Fogos a zona centro em 03/08/2003	2
Figura 3: Área anual ardida em Portugal continental entre 1975 e 2005 ..	2
Figura 4: Área florestal ardida	3
Figura 5: Uso do fogo controlado para a criação de faixa de redução de combustíveis/pastagens.....	4
Figura 6: Uso do fogo controlado	5
Figura 7: Rebentos após fogo controlado na Serra da Cabreira.....	6
Figura 8: Solo coberto de cinzas.....	7
Figura 9: Combustão da biomassa	9
Figura 10: Medidor de pH	12
Figura 11: Centrífuga	13
Figura 12: Balança de infravermelhos com medidor de humidades.....	13
Figura 13: Balança analítica	13
Figura 14: Espectrofotómetro de Absorção Atómica (EAA)	13
Figura 15: Digestor para a determinação da matéria orgânica	14
Figura 16: Estufa	14
Figura 17: Localização do fogo controlado.....	14
Figura 18: Local antes do fogo controlado.....	14
Figura 19: Serra da Cabreira antes do fogo controlado.....	15
Figura 20: Localização do fogo controlado delimitada a vermelho.....	15
Figura 21: Fogo controlado em Caminha.....	15
Figura 22: Amostragem com trado	16
Figura 23: Locais de um ponto de amostragem de onde se retiraram subamostras.....	16
Figura 24: Fogo controlado na Serra da Cabreira.....	16
Figura 25: Recolha de amostras na Serra da Cabreira	16
Figura 26: Peneiração das amostras	17
Figura 27: Quarteamento das amostras com o quarteador	17
Figura 28: Valores médios do pH em cada amostragem nas diferentes profundidades relativamente a Caminha	20
Figura 29: Valores de pH em cada ponto de amostragem, ao longo do tempo.....	21
Figura 30: Valores médios do teor de humidade em cada amostragem para as diferentes profundidades relativos a Caminha	23
Figura 31: Valores da precipitação total mensal relativos a Caminha	23

Figura 32: Teor de Humidade em cada ponto, ao longo do tempo relativo a Caminha.....	24
Figura 33: Valores médios de TNMO em cada amostragem nas diferentes profundidades, relativos a Caminha.....	25
Figura 34: Teor de matéria orgânica em cada ponto de amostragem, ao longo do tempo relativamente a Caminha	26
Figura 35: Curva de calibração do Fe para o intervalo de concentrações compreendido entre 2mg/L e 9mg/L	27
Figura 36: Valores médios do teor total de Fe em cada amostragem nas diferentes profundidades relativos a caminha	29
Figura 37: Teor total de Fe em cada ponto de amostragem, ao longo do tempo relativamente a Caminha.....	30
Figura 38: Valores médios do pH ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira	31
Figura 39: Teores médios de Humidade ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira.....	32
Figura 40: Valores de precipitação total mensal relativos à Serra da Cabreira.....	32
Figura 41: Valores médios de TNMO ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira	34
Figura 42: Teores totais médios de Fe ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira.....	35
Figura 43: Teores totais médios de Mg ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira.....	36
Figura 44: Teores totais médios de K ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira.....	37
Figura 45: Curva de calibração do K para o intervalo de concentrações compreendido entre 0.3mg/L e 2mg/L	48
Figura 46: Curva de calibração do Mg para o intervalo de concentrações compreendido entre 0.05mg/L e 0.4mg/L	49
Figura 47: Curva de calibração do Ca para o intervalo de concentrações compreendido entre 1mg/L e 4mg/L	50

Índice de Tabelas

Tabela 1: Números de incêndios florestais e correspondente área ardida, por ano, entre 1 de Janeiro e 31 de Dezembro 2008	3
Tabela 2: Parâmetros da análise de metais por espectrofotometria de absorção atômica de chama.....	18
Tabela 3: Análise estatística descritiva dos valores de pH relativos a Caminha.....	19
Tabela 4: Parâmetros para validação do uso da balança de infravermelhos para determinação de humidades	21
Tabela 5: Análise estatística descritiva dos valores do teor de humidade ao longo do tempo relativos a Caminha.....	22
Tabela 6: Análise estatística descritiva dos teores de matéria orgânica para Caminha	25
Tabela 7: Parâmetros do estudo de linearidade relativos ao Fe	27
Tabela 8: Parâmetros estatísticos associados à curva de calibração do Fe.....	28
Tabela 9: Análise estatística descritiva dos teores totais de Fe relativos a Caminha.....	28
Tabela 10: Análise estatística descritiva para os valores de pH relativos à serra da Cabreira	31
Tabela 11: Análise estatística descritiva para os teores de humidade relativos à Serra da Cabreira.....	33
Tabela 12: Análise estatística descritiva para os valores do teor de matéria orgânica relativos à Serra da Cabreira	34
Tabela 13: Análise estatística descritiva para os teores totais de Fe relativos à Serra da Cabreira.....	35
Tabela 14: Análise estatística descritiva para os teores totais de Mg relativos à Serra da Cabreira.....	36
Tabela 15: Análise estatística descritiva para os teores totais de K relativos à Serra da Cabreira.....	37
Tabela 16: Valores usados para a construção da curva de calibração para a determinação de Fe	46
Tabela 17: Cálculos dos valores médios necessários para a determinação dos parâmetros de linearidade do Fe	47
Tabela 19: Cálculos dos valores médios necessários para a determinação dos parâmetros de linearidade do K.....	48
Tabela 20: Cálculos dos valores médios necessários para a determinação dos parâmetros de linearidade do Mg	49
Tabela 21: Cálculos dos valores médios necessários para a determinação dos parâmetros de linearidade do Ca	50
Tabela 22: Valores de pH nos vários pontos e profundidades ao longo do tempo relativos a Caminha	51

Tabela 23: Valores do teor de Humidade em % nos diferentes pontos de amostragem e profundidades ao longo do tempo relativos a Caminha	51
Tabela 24: Valores do teor de matéria orgânica em %, nos diferentes pontos de amostragem e profundidades ao longo do tempo relativos a Caminha	52
Tabela 25: Valores do teor total de Fe em mg/L, nos diferentes pontos de amostragem e profundidades ao longo do tempo relativos a Caminha.....	52
Tabela 26: Valores intermédios para a determinação do teor de matéria orgânica para a recolha D270 relativamente a Caminha	53
Tabela 27: Valores intermédios para a determinação do teor de matéria orgânica para a recolha D360 relativamente a Caminha	54
Tabela 28: Valores intermédios para a determinação do teor total de Fe para a recolha D270 relativamente a Caminha	55
Tabela 29: Valores intermédios para a determinação do teor total de Fe para a recolha D360 relativamente a Caminha	55
Tabela 30: Valores de pH dos diferentes pontos de amostragem, ao longo do tempo relativos à serra da Cabreira	56
Tabela 31: Teores de humidade em % para os diferentes pontos de amostragem, ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira.....	56
Tabela 32: Teores de matéria orgânica em % para os diferentes pontos amostrais, ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira	57
Tabela 33: Teores totais de Fe em mg/L nos diferentes pontos amostrais, ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira	57
Tabela 34: Teores totais de Mg em mg/L em cada ponto de amostragem, ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira.....	58
Tabela 35: Teores totais de K em cada ponto de amostragem, ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira.....	58
Tabela 36: Valores intermédios da determinação do teor de matéria orgânica para a recolha efectuada logo após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira.....	59
Tabela 37: Valores intermédios da determinação do teor de matéria orgânica para a recolha efectuada antes do fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira	60
Tabela 38: Valores intermédios da determinação do teor de matéria orgânica para a recolha efectuada 125 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira.....	61
Tabela 39: Valores intermédios para a determinação do teor de matéria orgânica para a recolha efectuada 196 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira.....	62

Tabela 40: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Fe para a recolha efectuada antes do fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira	63
Tabela 41: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Fe para a recolha efectuada logo após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira	63
Tabela 42: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Fe para a recolha efectuada 125 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira	64
Tabela 43: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Fe para a recolha efectuada 196 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira	64
Tabela 44: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Mg para a recolha efectuada antes do fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira	65
Tabela 45: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Mg para a recolha efectuada logo após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira	65
Tabela 46: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Mg para a recolha efectuada 125 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira	66
Tabela 47: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Mg para a recolha efectuada 196 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira	66
Tabela 48: Valores intermédios da determinação dos teores totais de K para a recolha efectuada antes do fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira	67
Tabela 49: Valores intermédios da determinação dos teores totais de K para a recolha efectuada logo após o fogo controlado relativamente à Serra da cabreira	67
Tabela 50: Valores intermédios da determinação dos teores totais de K para a recolha efectuada 125 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira	68
Tabela 51: Valores intermédios da determinação dos teores totais de K para a recolha efectuada 196 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira	68

Agradecimentos

Embora uma tese de mestrado seja, pela sua finalidade académica, um trabalho individual, há contributos de natureza diversa que não podem nem devem deixar de ser realçados. Por essa razão, tenho muito que agradecer a várias pessoas pela ajuda e disponibilidade ao longo destes meses de trabalho:

Queria agradecer à Doutora Cristina Matos, que me honrou com a orientação deste trabalho, por todo o seu apoio, pelo incentivo, pela sua simpatia, pela sua preocupação, pelos seus conselhos que me ajudaram a ultrapassar todas as dificuldades que por vezes surgiram durante todos estes meses de trabalho.

À Doutora Ana Meira, pelo seu entusiasmo com este projecto, pela sua boa disposição, pelo seu empenho, por todo o suporte fornecido e incentivo que contribuiu para me ajudar a ultrapassar os momentos mais difíceis. Pelo seu conhecimento e sugestões transmitidas durante a execução deste trabalho.

Ao Mestre Tomás Albergaria, pela sua ajuda e disponibilidade em todos os momentos que precisei.

Ao João e ao Zé pela preciosa ajuda na recolha das amostras e ajuda no laboratório.

À Doutora Eduarda da Direcção Regional da Agricultura e Pescas do Norte pela ajuda e disponibilidade no esclarecimento de algumas questões que surgiram no início deste trabalho.

Ao Engenheiro Vivas da Autoridade Florestal Nacional, pela sua disponibilidade, ajuda, entusiasmo e boa disposição.

Aos meus amigos, por todo o apoio e incentivo demonstrados.

À minha família, pais, mana, mano, cunhada, primos e primas, pelo apoio incondicional que sempre me deram pela paciência e grande compreensão com que sempre me ouviram.

Ao meu namorado, por estar sempre ao meu lado, por ter suportado as minhas faltas de atenção e ausências. Pela sua compreensão, amor e carinho. Pelo incentivo e ajuda dada nestes longos meses de trabalho.

A todas as pessoas que directa ou indirectamente foram preciosas na contribuição para que tudo fosse direccionado para o rumo certo.

1 Introdução

Portugal tem sido cada vez mais afectado pelas alterações climáticas originando o aumento quer da variabilidade anual dos valores de temperatura e de precipitação quer do aumento da duração e intensidade dos períodos de seca ou de cheia, bem como, o risco meteorológico de incêndio florestal [1,2].

Todos os anos, no período de grande calor, as florestas portuguesas são assoladas por incêndios que destroem os ecossistemas a elas associados.

No sentido da prevenção de fogos florestais, entidades públicas e privadas recorrem frequentemente a métodos de diminuição da carga de combustível, nomeadamente ao fogo controlado e desbaste mecânico. Qualquer um destes métodos de prevenção de fogos florestais provoca alteração do coberto vegetal e/ou da camada superior do solo.

1.1 Incêndios florestais

Os incêndios florestais são das catástrofes naturais mais graves em Portugal, não só pela elevada frequência com que ocorrem e extensão que alcançam, como pelos efeitos destrutivos que causam. Para além dos prejuízos económicos e ambientais, podem constituir uma fonte de perigo para as populações e bens.

Os incêndios florestais são considerados catástrofes naturais, pois desenvolvem-se na Natureza, e, tanto a sua possibilidade de ocorrência como as suas características de propagação dependem fortemente de factores naturais. A intervenção humana pode desempenhar um papel decisivo na origem dos incêndios florestais e na limitação do seu desenvolvimento. A importância da acção humana no controlo destes fenómenos distingue os incêndios florestais das restantes catástrofes naturais.

A velocidade de propagação de um fogo depende da carga de combustível e inclinação do terreno [3]. Para além disto, a propagação de um incêndio depende das condições meteorológicas (direcção e intensidade do vento, humidade relativa do ar, temperatura), do grau de secura e do tipo do coberto vegetal, acessibilidade ao local do incêndio, prazos de intervenção (tempo entre o alerta e a primeira intervenção no ataque ao fogo), etc.



Figura 1: Tipos de fogo [5]

Um incêndio pode propagar-se pela superfície do terreno, pelas copas das árvores e através da manta morta, tal como se pode observar na Figura 1. Os incêndios de grandes proporções são normalmente avistados a vários quilómetros, devido aos seus fumos negros e densos [4].

1.1.1 Os incêndios em Portugal



As maiores áreas ardidas em Portugal, nos últimos 10 anos, registaram-se nos anos de 2003 e 2005 (Tabela 1), sendo que no primeiro caso arderam 425726 ha (286055 em povoamentos florestais e 139671 em matos) e no segundo 338262 ha (213517 de floresta e 124745 de matos e incultos) [6].

A Figura 2, é uma imagem de satélite da Nasa obtida no dia 3 de Agosto de 2003, esta imagem mostra o fumo resultante dos grandes fogos activos no norte e centro do país nesse dia (mancha acinzentada), o que documenta a severidade desses fogos.

Figura 2: Fogos a zona centro em 03/08/2003

Fonte: <http://scrif.igeo.pt/satelites/satelite.html>

O facto dos anos de 2003 e 2005 ficarem marcados, com a destruição de centenas de milhar de hectares e prejuízos avultados, não constitui exactamente uma novidade. Em anos anteriores os incêndios florestais já haviam queimado muitos hectares de espaços florestais. Quase 292000 ha em 1985, 204000 ha em 1989, ou 215000 ha em 1998 são exemplos de que este não é um problema recente. A Figura 3 mostra a tendência, desde 1975 até 2005, para o aumento das áreas afectadas por este fenómeno [7]. No entanto na Tabela 1 podemos verificar que desde 2006 esta tendência não se verifica, havendo um decréscimo das áreas ardidas [6].

Durante o ano de 2008 o número de ocorrências foi inferior não apenas em relação ao ano anterior, mas também à média do decénio anterior (1998 a 2007). Esta diminuição encontra-se tanto no número de incêndios florestais, afectando áreas iguais ou superiores a 1 ha, como no número de fogachos. Com um total de 13832 ocorrências (Tabela 1), conseguiu-se uma redução de 26% face ao ano anterior, e de 49% face à média decenal. Com 81,5% das ocorrências na categoria de fogachos, apenas aproximadamente 2 em cada 10 ocorrências deram origem a áreas ardidas iguais ou superiores a 1 ha [6].

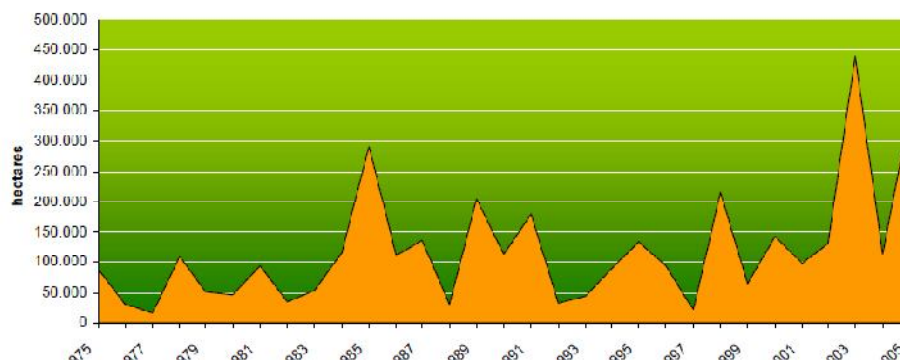


Figura 3: Área anual ardida em Portugal continental entre 1975 e 2005 [7]

Os resultados obtidos relativamente às áreas ardidas (Figura 4) foram ainda mais expressivos. Os 17244 ha ardidos, no total, representam uma redução de 45% face ao ano anterior, e de 89% tomando como referência a média de área ardida no decénio 1998-2007. A maior área ardida foi a que se registou em matos, com 11781 hectares, ou 68% do total, cabendo os restantes 32% a áreas ocupadas por povoamentos florestais.



Figura 4: Área florestal ardida

Fonte: <http://www.youngreporters.org>. *Young Reporters for the environment*.

Tabela 1: Números de incêndios florestais e correspondente área ardida, por ano, entre 1 de Janeiro e 31 de Dezembro 2008 [6].

Ano	Ocorrências			Área ardida (ha)		
	Incêndios florestais	Fogachos (Área < 1ha)	Total	Povoamentos	Matos	Total
1998	8834	25842	34676	57393	100975	158368
1999	5782	19695	25477	31052	39561	70613
2000	8802	25307	34109	68646	90958	159604
2001	6869	20073	26942	45609	66557	112166
2002	6492	20000	26492	65164	59245	124409
2003	5309	20886	26195	286055	139671	425726
2004	5020	16950	21970	56109	73430	129539
2005	8179	27519	35698	213517	124745	338262
2006	3455	16466	19921	26320	39189	65509
2007	3566	15166	18732	9638	21812	31450
2008	2557	11275	13832	5463	11781	17244
Média 1998-2007	6231	20790	27021	86950	75614	162564

Uma das metas estabelecidas no Plano Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios, para depois de 2012, consiste em não superar os 100.000ha de área ardida por ano, assim sendo, podemos verificar que com os resultados obtidos em 2008 foi possível cumprir esta meta [6].

1.2 Fogo controlado

Na Austrália, África do Sul, Canadá e Estados Unidos da América o fogo controlado é uma técnica comum de gestão do material vegetal combustível, utilizada em áreas públicas e privadas. O fogo controlado é a aplicação deliberada de fogo em condições ambientais que permitam alcançar objectivos específicos de gestão de recursos (Figura 5). O fogo transforma-se em instrumento de gestão e não numa fatalidade, mais ou menos sazonal, como acontece em Portugal [8,9].

No nosso País, de Verão quente e prolongado, a utilização mais evidente do fogo controlado é a redução do material combustível em áreas de risco de forma a diminuir, ou evitar, a propagação de um incêndio. Mesmo uma queima de intensidade bastante reduzida (inferior a 100 KW.m⁻¹) permite a redução de 90% da magnitude de um incêndio [10].

O fogo permite reduzir a quantidade de material inflamável e logo diminuir os riscos de fogo descontrolado em povoamentos florestais e/ou perto de povoações, quebrar a dormência das sementes e estimular a sua germinação, preparar o terreno para a instalação de espécies vegetais, controlar os insectos e fungos patogénicos ou ainda desbastar ou desramar um povoamento florestal [11]. Ao nível da gestão de *habitats* para a pastorícia ou cinegética, permite manter e melhorar as condições das espécies animais, por exemplo através da queima de sementes indesejáveis de plantas infestantes e difíceis de controlar por outros meios, como é o caso das acácias em Portugal [9].



Figura 5: Uso do fogo controlado para a criação de faixa de redução de combustíveis/pastagens [5].

No DL n.º 124/2006, de 28 de Junho, foram estabelecidas, entre outras, as condições a cumprir para que seja possível efectuar, em condições de segurança e respeitando a Lei, a gestão de combustíveis e sobrantes agrícolas e florestais pelo uso do fogo.

O uso do fogo na gestão dos espaços florestais, de acordo com normas técnicas e funcionais está definido em regulamento, sendo obrigatoriamente executado sob responsabilidade e orientação de um técnico credenciado pela Autoridade Florestal Nacional, como determinado pelo Despacho n.º30/90 de 15 de Maio, ou, na sua ausência, por bombeiros com qualificação para o efeito. Se não se cumprirem estes requisitos, a queimada é considerada fogo intencional.

Durante o período crítico, está proibida toda a utilização do fogo nos espaços rurais, quer no que respeita a queimas de sobrantes, como ao uso do fogo controlado (Figura 6). O período crítico é definido anualmente por portaria do Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas e, nos últimos anos, tem correspondido aos meses de Julho, Agosto, Setembro e, nalguns anos, também Junho e Outubro, em todo ou em parte.



Fora do período crítico, a realização de queimas de sobrantes não carece de qualquer tipo de parecer ou autorização, obrigando a lei a que apenas se conheça o risco temporal de incêndio, que tem necessariamente de ser de nível inferior ao nível elevado. Para conhecer a previsão do risco temporal de incêndio para o concelho e para o dia seguinte pode aceder-se à página do Instituto de Meteorologia e Geofísica na Internet [12,13].

Figura 6: Uso do fogo controlado [9].

Tanto as queimas de sobrantes como os fogos controlados deverão ser realizados logo pela manhã, no período de dormência das plantas, enquanto as temperaturas são baixas e a humidade relativa elevada [14]. No caso da queima, deverá ser retirada toda a vegetação numa faixa de dez a quinze metros na área envolvente e deve ter-se presente água ou, na sua ausência, outro agente extintor, como a terra, para fazer face a algum descontrolo da queima. No final não deverá ficar qualquer material incandescente (brasas), pelo que se deve apagar a fogueira e, se possível, tapá-la com terra [13,15].

Consoante os objectivos e as condições meteorológicas a técnica do uso do fogo varia [15]. Pode ser contra ou a favor do vento. A técnica mais utilizada é contra o vento, em que a chama é mais curta, o avanço é mais lento e a intensidade mais reduzida. O material vegetal demora mais tempo a arder e há necessidade de criar mais linhas de fogo para acelerar o processo. Os custos com o material e com a segurança são baixos. Contrariamente, nos fogos a favor do vento os cuidados com a segurança terão de ser muito maiores, uma vez que a chama, a velocidade de propagação e a intensidade do fogo são elevadas. O fumo libertado também é maior, sendo necessário que a estrutura do povoamento permita uma boa visibilidade. Em ambos os casos, e tal como referido, têm que existir barreiras de segurança que delimitem a área a arder, podendo ser naturais ou criadas especialmente para o efeito.

O uso de fogo controlado pode ser uma alternativa mais económica e expedita do que os tratamentos químicos ou cortes manuais e mecânicos, mas de acordo com os técnicos só deve ser utilizado quando a acumulação de material vegetal fino (diâmetro inferior a 2mm) seja superior a 30 ton/ha [9,16].

1.3 Consequências do fogo

A ocorrência de um incêndio tem toda uma série de efeitos que se verificam, quer na área ardida, quer em áreas próximas. A amplitude destes efeitos depende, em particular, da intensidade do incêndio o qual, por sua vez, depende dos factores meteorológicos, do combustível que é queimado e do declive do terreno. Embora possam ser abordados separadamente, os diferentes efeitos causados pelos incêndios estão bastante interligados, devido às múltiplas relações funcionais próprias de qualquer ecossistema.

O efeito mais drástico que uma comunidade vegetal pode sofrer após a ocorrência de um incêndio é a morte imediata de todas as plantas. No entanto, dificilmente assim acontece, já que a mortalidade directamente



provocada pelo incêndio normalmente não atinge todas as plantas e numa comunidade vegetal existem quase sempre espécies que voltam a lançar rebentos após a passagem do fogo (Figura 7). Por outro lado, no caso das árvores, nem sempre o fogo atinge as copas e, mesmo quando tal aconteça, os danos causados nem sempre implicam a cessação das suas funções vitais.

Figura 7: Rebentos após fogo controlado na Serra da Cabreira

Esta cessação pode acontecer devido a dois tipos de mecanismos válidos para qualquer planta: a cessação permanente ou temporária da fotossíntese, devido à destruição das folhas, e o bloqueio do processo de transporte da seiva elaborada, devido à morte dos tecidos vivos do caule. Tanto num caso como noutro há que ter em conta não apenas o aumento da temperatura, mas também a duração do aquecimento. Deste modo, quanto maior for a temperatura menor é o tempo necessário para provocar a morte dos tecidos em questão. Por outro lado, diferentes espécies possuem diferentes tipos de protecção ao nível dos vários órgãos. Por exemplo, em relação aos tecidos vivos do tronco das plantas lenhosas, a sua resistência ao fogo depende bastante da espessura e da natureza da casca. Por sua vez, as características da casca da árvore estão bastante dependentes da espécie e do seu estado de desenvolvimento.

Dentro da mesma espécie, as árvores mais velhas são normalmente menos danificadas pela passagem do fogo, não só devido à maior espessura da casca, mas também devido à maior altura a que se encontram os ramos mais baixos. Por outro lado, as árvores mais jovens têm normalmente maior capacidade de recuperação relativamente aos danos sofridos.

De entre as árvores e arbustos sobreviventes a um incêndio, uma certa percentagem nunca chega a recuperar por completo e existe normalmente uma diminuição no crescimento, quer devido à diminuição da fotossíntese, quer devido aos danos causados nos tecidos do tronco. Em todo o caso, muitas das plantas mais afectadas acabam, a médio prazo, por sucumbir ao ataque de pragas e doenças, como resultado do enfraquecimento das suas defesas naturais [17].

Relativamente ao solo podemos considerar efeitos directos, derivados da combustão da camada de detritos vegetais (*folhada*) e da matéria orgânica e efeitos indirectos derivados do desaparecimento do coberto vegetal.

A combustão da matéria orgânica faz com que o solo fique temporariamente enriquecido em cinzas (Figura 8), ou seja, em nutrientes sob a forma mineral, os quais podem ser facilmente utilizados pelas plantas. Este processo está na base da utilização tradicional do fogo para fins agrícolas. No entanto, embora se verifique um aumento temporário de nutrientes

disponíveis, o balanço global a médio/longo prazo é bastante negativo, já que enquanto não houver a reposição de uma parte significativa da matéria orgânica, não há possibilidade de restituir ao solo os nutrientes utilizados pelas novas plantas ou novos rebentos. Por outro lado, com as primeiras



Figura 8: Solo coberto de cinzas

chuvas pode verificar-se o arrastamento superficial dos nutrientes sob a forma mineral, assim como o seu arrastamento em profundidade até níveis fora do alcance das plantas, o que também contribui para afectar negativamente a fertilidade do solo [17-20].

Assim, o regime de nutrientes no solo após o fogo depende de [16]:

- Níveis e disponibilidade de nutrientes antes do fogo.
- Perda de nutrientes por volatilização.
- Adição de nutrientes nas cinzas.
- Aumento do pH
 - Aumenta a disponibilidade de nutrientes em solos ácidos.
 - Aumenta a fixação biológica de azoto em solos ácidos.
- Aumento da temperatura do solo
 - Acelera a reciclagem de nutrientes por aumento da taxa de decomposição e absorção.
 - É um factor crítico em áreas de solos frios.
- Velocidade de recuperação pós-fogo
 - Absorção de nutrientes libertados na cinza antes de serem lixiviados.
 - Regresso gradual desses nutrientes ao sistema através da decomposição da folhada.
- Precipitação pós-fogo
 - Pode originar perda de nutrientes por remoção ou lixiviação das cinzas.
 - O maior impacte ocorre imediatamente após o fogo e antes do regresso da vegetação.
 - O efeito da chuva está relacionado com a sua intensidade.

De um modo geral, a capacidade de retenção e de infiltração de água no solo pode ficar reduzida. Por um lado a diminuição do teor de matéria orgânica faz com que exista uma menor agregação entre as partículas do solo e, conseqüentemente, uma menor porosidade. Por outro lado a ocorrência de incêndios de grande intensidade faz com que se forme uma camada com propriedades hidrófobas, o que contribui para reduzir ainda mais a capacidade de retenção e de infiltração de água. A redução da infiltração da água das chuvas leva a um aumento do escoamento à superfície do solo o que, por sua vez, pode conduzir ao aparecimento de fenómenos de erosão. A erosão do solo será tanto maior quanto maior for o declive e quanto mais exposto ficar o solo após o incêndio.

Os mecanismos referidos, juntamente com a maior evaporação da água enriquecida das camadas superficiais, contribuem, à partida, para uma diminuição da humidade no solo e conseqüentemente para diminuir a alimentação dos lençóis de água subterrâneos. No entanto, a queima da vegetação tem também um efeito contrário, na medida em que desaparece a grande superfície de folhas, através das quais a água é reenviada para a atmosfera por transpiração [17].

O fogo pode ainda alterar a humidade do solo em razão de mudanças na taxa de infiltração, na taxa de transpiração, na porosidade e na repelência do solo à água. A redução da capacidade de retenção de água pelo solo pode ser atribuída à diminuição na microporosidade, atributo esse que pode variar conforme as alterações na densidade do solo [21].

R. V. Soares *et al*, que estudaram a influência da queima controlada no pH do solo em povoamento de *pinus spp* verificaram um ligeiro aumento do pH após a queima controlada e um aumento significativo aos catorze meses após a mesma [22]. Smith [23], citado pelos mesmos autores, num estudo sobre a influência da queima em pinheirais, observou que o pH aumentou 5 semanas após o fogo até uma profundidade de 0-32 cm. No final do ensaio, o pH do solo mineral ou retomou o valor inicial ou foi menor que antes da passagem do fogo.

Segundo J.C.A. Mattos [24], citado por C.A.G. Rodrigues *et al*. [25], o fogo faz predominar as gramíneas e as espécies herbáceas em geral, controlando o desenvolvimento das plantas lenhosas, por serem mais sensíveis. Isto demonstra que o fogo controlado é um factor essencial na manutenção e aumento da biodiversidade de áreas de pastagens, bem como na prevenção de grandes incêndios, onde as temperaturas próximas da superfície do solo podem chegar à 800°C, em áreas com grande quantidade de macega e restos vegetais. Enquanto, na queima controlada essa temperatura varia em torno de 50 a 70°C, próximo da superfície do solo o que favorece a renovação da vegetação herbácea de uma área.

A percentagem total de um dado elemento nutritivo no solo pouco esclarece quanto à disponibilidade desse elemento para a vida das plantas. Do ponto de vista da nutrição das plantas, podem considerar-se três formas principais de elementos nutritivos no solo: não assimilável, permutável e dissolvida. A forma não assimilável corresponde ao caso do elemento fazer parte de um composto e não pode ser absorvido pelas raízes sem considerável alteração ou decomposição deste. A forma permutável é a de iões absorvidos na superfície de partículas da fracção mineral sólida ou da fracção orgânica do solo, e é, em proporção considerável assimilável pelas plantas. Os elementos dissolvidos na água do solo constituem normalmente a forma mais facilmente assimilável dos nutrientes [26].

Os nutrientes do solo sob uma floresta devem ser distinguidos entre quantidade total (a maior parte sob forma orgânica) e quantidade disponível (mineralizada). Quando se usa o fogo controlado, embora a quantidade total de nutrientes diminua, a quantidade disponível ou mineralizada aumenta. Foram feitos alguns estudos que demonstram isso mesmo, alguns

relatam aumentos nos teores de N, P, K, Ca e Mg mineralizados após a passagem do fogo. Como as plantas somente absorvem nutrientes mineralizados, é natural que elas cresçam mais rapidamente em áreas queimadas [27-29].

Segundo A.C. Batista *et al.* [30] foi efectuado um estudo no solo de uma povoação de *Pinus taeda* sujeito a queimada controlada, concluiu-se que houve uma redução de N e K, assim como, um aumento de Ca e Mg na serapilheira das áreas queimadas. Em ambos os casos as diferenças dos valores em estudo foram insignificativas. Os valores de pH não apresentaram diferenças significativas nas zonas queimadas e não queimadas. A camada superficial do solo apresentou valores ligeiramente superiores para os teores de Ca, Mg, K e P.

A matéria orgânica, antes da mineralização, não é aproveitada pelas plantas e, sob o ponto de vista nutricional, ela é importante como reserva para o futuro pois ela decompõe-se muito lentamente, libertando nutrientes mineralizados. Segundo [30], citando vários autores, existe uma redução muito significativa nos teores de matéria orgânica no solo sujeito a fogo controlado.

O empobrecimento do solo pelo fogo pode ocorrer em duas situações. Primeiro, em incêndios de alta intensidade, que queimam, volatilizam ou dispersam quase toda a matéria orgânica e a maior parte dos nutrientes [30]. Segundo, através de queimas sucessivas que reduzem gradualmente o capital de nutrientes do solo sem permitir a sua recomposição. Em áreas florestais, onde os ciclos são longos, este segundo risco não existe pois o solo recupera todo o seu potencial antes do fim da rotação [27].

Um dos efeitos directos de um incêndio é a produção de gases derivados da combustão, se a combustão da biomassa (Figura 9) fosse completa serão produzidos apenas água, dióxido de carbono e calor. No entanto, na prática,



Figura 9: Combustão da biomassa

a combustão nunca é completa e com isto existe também a libertação de combustível residual (partículas de carbono), monóxido de carbono e outros poluentes como hidrocarbonetos e óxido de azoto [27]. O fogo afecta o solo de diferentes maneiras, pela exposição deixando-o a descoberto, pelo aquecimento e pela libertação de nutrientes.

Um estudo efectuado por Narayan *et al.* tendo em conta a região Europeia [31] estimou que as emissões de CO₂ resultantes de incêndios florestais para um período de 5 anos seriam de aproximadamente 11 milhões de toneladas por ano, enquanto, as emissões resultantes do uso do fogo controlado seriam de 6 milhões de toneladas anuais. Isto significa uma redução potencial de quase 50% das emissões de CO₂ recorrendo a esta técnica. No entanto, este estudo também concluiu que, a redução das emissões de CO₂ variam de país para país, sendo mais significativa

naqueles em que as emissões resultantes de incêndios florestais são maiores.

A. Carvalho *et al.* [32] relacionaram a actividade de fogos florestais com a qualidade do ar em Portugal, concluiu haver uma correlação significativa entre os fogos florestais e o aumento da concentração de poluentes na atmosfera. Estimou-se também a emissão anual de 0,5 a 2 Mton de CO₂ para a atmosfera.

Como consequência da elevada produção de CO₂, o efeito dos incêndios na atmosfera ganhou recentemente uma importância acrescida, em virtude do aquecimento global do planeta.

Interessa ainda referir que um incêndio implica a perda, para a atmosfera, de quantidades consideráveis de azoto, o que tem um impacto importante do ponto de vista da nutrição das plantas [17, 33].

2 Descrição experimental

2.1 Reagentes e soluções

Todos os reagentes usados ao longo deste trabalho eram de qualidade analítica ou semelhante, tendo sido utilizados sem qualquer purificação adicional. Quando necessário foram submetidos ao condicionamento prévio recomendado para cada caso.

2.1.1 Ácido nítrico 8 molL⁻¹

A solução de ácido nítrico 8 molL⁻¹ necessária para a digestão das amostras foi preparada a partir de 481mL de ácido nítrico concentrado o qual foi transferido para um balão de 1000,0 mL. Depois completou-se o volume com água desionizada.

2.1.2 Água desionizada

A água desionizada usada na preparação de soluções tinha uma condutividade inferior a 0,1 μ Scm⁻¹, obtida a partir de água de distribuição geral do laboratório, por passagem através de resinas de troca iónica de leitos separados e seguidamente de leito misto.

2.1.3 Difenilaminossulfonato de sódio

Esta solução foi usada como indicador na titulação para a determinação do teor de matéria orgânica. Como tal, dissolveu-se 0.025 g de Difenilaminossulfonato de sódio em 100mL de água desionizada.

2.1.4 Mistura oxidante

A mistura oxidante usada na determinação da matéria orgânica foi preparada pesando-se 20g de dicromato de potássio para um goblé de 1000mL os quais foram diluídos em 300mL de água desionizada. Adicionou-se 400mL de ácido sulfúrico concentrado agitando-se sempre e deixou-se arrefecer. Adicionou-se 200mL de ácido fosfórico concentrado, agitando até arrefecer.

2.1.5 Solução de sulfato de ferro e amónio (SFA) 0,40 molL⁻¹

Para a preparação de SFA pesou-se 157g de sulfato de ferro e amónio e diluiu-se em água desionizada. Transferiu-se para um balão de 1000mL. Adicionou-se 20mL de ácido sulfúrico concentrado e perpez-se o volume com água desionizada.

2.1.6 Soluções padrão mãe de 1000 mgL⁻¹

As soluções padrão mãe já se encontravam previamente preparadas, no entanto foram preparadas com base no manual Flame Methods Manual for Atomic Absorption [34].

2.1.6.1 Solução de 1000 mgL⁻¹ para a determinação de Ca

Dissolver 2.497g de CaCO₃ em 25 mL de ácido clorídrico 1 mol/L e perfazer até 1L para obter uma solução de 1000 mg/L

2.1.6.2 Solução de 1000 mgL⁻¹ para a determinação de Fe

Dissolver 1.000g de ferro em 20 mL de ácido clorídrico 5 mol/L e 5 mL de ácido nítrico 6 mol/L. perfez-se o volume até 1L.

2.1.6.3 Solução de 1000 mgL⁻¹ para a determinação de Mg

Dissolver 1.000 g de magnésio metálico em 50 mL de de ácido clorídrico 5 mol/L e diluir até 1 L.

2.1.6.4 Solução de 1000 mgL⁻¹ para a determinação de K

Dissolver 1.9067 g de KCl seco em 1L de água destilada.

2.2 Material utilizado

O material de vidro usado era de classe A ou equivalente sendo, todo lavado com detergente isento de fosfatos e passado por água desionizada antes de utilizado. Nalguns casos, o material era submetido a tratamento prévio por imersão numa solução de ácido nítrico.

Para medição rigorosa de volumes usaram-se pipetas de vidro de classe A de diferentes volumes das marcas Linex e Qualicolor, assim como, micropipetas de volume regulável da marca Gilson modelos P20, P100, P200, P1000 e P5000 com capacidade máxima de 20, 100, 200, 1000 e 5000 µL, respectivamente.

2.3 Equipamento

No decorrer da parte experimental do trabalho foram usados diferentes equipamentos de acordo com as determinações em causa, cujas características se descrevem a seguir.

2.3.1 Medidor de pH



Figura 10: Medidor de pH

Para a determinação do pH das amostras usou-se um medidor de pH da marca Anatron Instruments (Figura 10), modelo pH300. Utilizou-se um eléctrodo de vidro combinado, da marca Consort, modelo SP10B EE8. Em cada ensaio procedeu-se à calibração prévia do eléctrodo com soluções tampão de 7,0 e 4,0 ou 7,0 e 9,0 unidades de pH, da marca Consort.

2.3.2 Centrífuga



A centrifugação das amostras digeridas foi efectuada, usando uma centrifugadora da Sigma, modelo 2-16 Sartorius (Figura 11), à rotação de 4000 rpm.

Figura 11: Centrífuga

2.3.3 Balança de infravermelhos



A Humidade do solo recolhido foi determinada usando a Balança de infravermelhos da marca Kern, modelo MLS 50-3 IR 160N (Figura 12).

Figura 12: Balança de infravermelhos com medidor de humidades

2.3.4 Balança analítica



As pesagens foram efectuadas numa balança analítica da marca Kern, modelo EW220-3NM, com precisão de 0,00001 g (Figura 13).

Figura 13: Balança analítica

2.3.5 Espectrofotómetro de Absorção Atómica (EAA)



Na quantificação dos metais presentes nas amostras utilizou-se um espectrofotómetro de absorção atómica (EAA) com atomização por chama, da marca Perkin Elmer Instruments, modelo AAnalyst 200 usando uma chama oxidante de ar/acetileno (C_2H_2) (Figura 14).

Figura 14: Espectrofotómetro de Absorção Atómica (EAA)

2.3.6 Digestor



Para a determinação da matéria orgânica as amostras foram digeridas num digestor da marca Tecator, modelo 2006 Digestor (Figura 15).

Figura 15: Digestor para a determinação da matéria orgânica

2.3.7 Estufa



A secagem das amostras foi efectuada usando uma estufa da marca J. P. Selecta, S.A., modelo 2000200 (Figura 16).

Figura 16: Estufa

2.4 Localização da área amostrada

Para proceder ao estudo comparativo das alterações das características químicas de um solo sujeito a fogo controlado, seleccionaram-se dois locais de amostragem para recolha de amostras ao longo do tempo.

2.4.1 Caminha

A área queimada pertence ao lugar de Gramelas, Freguesia de Azevedo e ao Concelho de Caminha, foi seleccionada esta área com 1 ha por indicação da Autoridade Florestal Nacional (Figura 17). Trata-se de uma zona montanhosa, com vegetação essencialmente constituída por giestas (*Cytisus striatus*), Urze, Austrálias (*Hakea sericea*), e pontualmente por pinheiro adulto (Figura 18).



Figura 17: Localização do fogo controlado



Figura 18: Local antes do fogo controlado

2.4.2 Serra da Cabreira

O local seleccionado para proceder ao fogo controlado pertence à Serra da Cabreira, Freguesia de Anjos, concelho de Vieira do Minho (Figura 20). Neste caso a vegetação também era constituída essencialmente por giestas (*Cytisus striatus*), Austrálias (*Hakea sericea*), e pontualmente por pinheiro adulto (Figura 21).

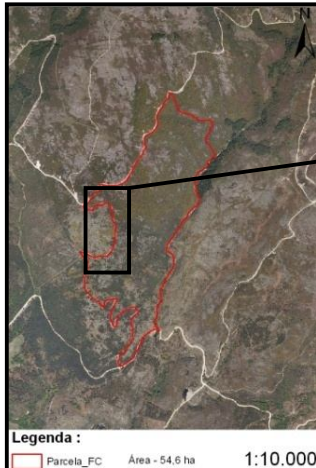


Figura 19: Serra da Cabreira antes do fogo controlado

Figura 20: Localização do fogo controlado delimitada a vermelho

2.5 Amostragem

2.5.1 Caminha



O fogo controlado foi realizado no dia 4 de Abril de 2008 (Figura 21).

Figura 21: Fogo controlado em Caminha

Para a avaliação dos efeitos do fogo controlado no solo foram estabelecidos 5 pontos amostrais na parcela queimada, com as seguintes características:

Ponto	Características
1	Plano com pouca vegetação mas muito húmido
2	Plano com muita vegetação
3	Inclinado com pouca vegetação
4	Inclinado com muita vegetação
5	Plano com pouca vegetação

Em cada um destes pontos foram recolhidas amostras de solo a diferentes profundidades: 0-3 cm, 3-6 cm e 6-18 cm. A amostragem foi efectuada com um trado (Figura 22). Em cada ponto de amostragem foram retiradas 16 subamostras obtendo-se, assim, uma amostra composta (Figura 23). As amostras foram armazenadas em sacos de plástico, tendo-se retirado o máximo de ar.

A recolha das amostras foi efectuada imediatamente antes e após o fogo, assim como 30, 90, 270 e 360 dias após o mesmo.



Figura 22: Amostragem com trado



Figura 23: Locais de um ponto de amostragem de onde se retiraram subamostras

2.5.2 Serra da Cabreira



Figura 24: Fogo controlado na Serra da Cabreira

Na Serra da Cabreira, o fogo controlado (Figura 24) foi realizada no dia 20 de Novembro de 2008. O Corpo técnico foi conduzido por um técnico pertencente à Autoridade Florestal Nacional e foi constituído, também, por Bombeiros de Vieira do Minho e elementos da Protecção Civil.

Para a avaliação das alterações químicas do solo foram estabelecidos 20 pontos amostrais ao longo da parcela sujeita a fogo controlado.



Figura 25: Recolha de amostras na Serra da Cabreira

As amostragens foram efectuadas antes do fogo, logo após o fogo, 125 e 196 dias após o fogo controlado.

Inicialmente a amostragem era para ser efectuada usando o trado. No entanto na visita de reconhecimento ao terreno, verificou-se que atendendo às características do mesmo, este não era o melhor método de recolha. Assim sendo usou-se uma enxada para a recolha das amostras (Figura 25).

Do mesmo modo que no caso de Caminha, as amostras foram colocadas em sacos de plástico e transportadas até ao laboratório.

2.6 Preparação das amostras

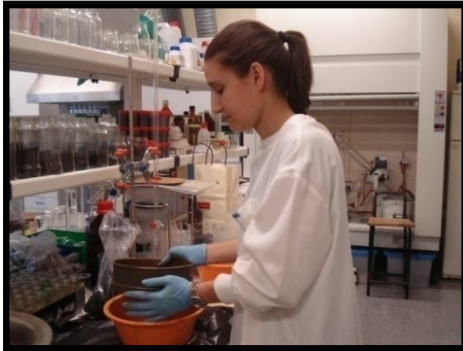


Figura 26: Peneiração das amostras

Inicialmente desfizeram-se os torrões e retiraram-se as ervas e raízes contidas na amostra. Peneirou-se a amostra com um peneiro de malha quadrada de 2,00mm (n.º 10) (Figura 26);



Figura 27: Quarteamento das amostras com o quarteador

Separou-se a amostra para homogeneização com o quarteador (Figura 27). Deixou-se a secar ao ar ou na estufa a 40°C durante 24 horas. As amostras secas ficaram guardadas em frascos de vidro devidamente identificadas.

2.7 Procedimentos laboratoriais

2.7.1 Determinação do pH

Os valores de pH dependem do método de determinação utilizado e da proporção solo-água pelo que se usou sempre a mesma, 1:1. Para tal, pesou-se uma amostra (usando a balança da Figura 13) com 50 g de solo e adicionou-se 50 mL de água desionizada. Agitou-se durante 15 min no agitador magnético e de seguida mediu-se o pH com eléctrodo de vidro (Figura 10) previamente calibrado [35].

2.7.2 Determinação da humidade do solo

Inicialmente, o teor de humidade foi determinado por secagem de uma amostra com 10,000g em estufa a 105 °C, durante 24 horas. Depois deixou-se arrefecer no excicador e pesou-se até obtenção de peso constante. A quantidade de água no solo em percentagem (%H) foi obtida através do cálculo da massa de água (m_H) dividida pela massa da amostra inicial (m_{ai}) e multiplicada por 100.

No decorrer do trabalho, o laboratório adquiriu um equipamento que determina o teor de humidade. Após validação do método, a humidade foi

determinada usando a balança que determina humidades ilustrada na Figura 12. Como tal, pesou-se uma amostra com cerca de 1,000g e leu-se o valor da % de humidade. A balança efectua um aquecimento até aos 120 °C sendo o tempo de aquecimento variável consoante o teor de humidade presente na amostra [36].

2.7.3 Determinação da matéria orgânica

O teor natural de matéria orgânica foi determinado pelo método de oxidação por via húmida, baseando-se na oxidação do carbono pelo dicromato de potássio em meio fortemente ácido. É um método indirecto no qual se determina inicialmente o carbono orgânico, sendo posteriormente o valor obtido multiplicado por 1,724 (coeficiente de Van Bemmelen) [37].

O procedimento para esta determinação foi o seguinte: pesou-se num vidro de relógio cerca de 0.100g de solo, transferiu-se para os tubos de digestão e adicionou-se 25,00 mL da solução da mistura oxidante constituída por dicromato de potássio, ácido sulfúrico e ácido orto-fosfórico. Procedeu-se à digestão à temperatura de 200 °C durante duas horas com o digestor da Figura 15. Deixou-se arrefecer, transferiu-se o conteúdo para um matraz e adicionou-se cerca de 100 mL de água desionizada. Titulou-se com sulfato de ferro e amónio (SFA) 0,40 molL⁻¹ preparado como descrito em 2.1.5 e usou-se difenilaminossulfonato de sódio como indicador.

Juntamente com as amostras colocou-se também no digestor um ensaio em branco, colocando-se apenas 25,00 mL de mistura oxidante [38].

2.7.4 Determinação do teor total do Fe, Ca, Mg e K

O teor de ferro, cálcio, magnésio sódio e potássio foi determinado da seguinte forma: pesou-se num matraz 4,000 g de solo. Adicionou-se 50,00 mL de ácido nítrico e colocou-se em lume brando durante duas horas. Deixou-se arrefecer e centrifugou-se (utilizando a centrifuga da Figura 11). Transferiu-se a solução obtida para um balão de 100,00 mL. Mediu-se o teor de cada parâmetro através da espectrofotometria de absorção atómica.

O procedimento analítico utilizado baseia-se nos métodos de análise de amostragem de solos [39]. A concentração dos metais nas amostras foi calculada pelo método da curva de calibração, estabelecida previamente com soluções aquosas de concentração conhecida [34].

Tabela 2: Parâmetros da análise de metais por espectrofotometria de absorção atómica de chama

Metal analisado	Comprimento de onda (nm)	Tipo de chama	Gama de concentrações (mg/L)
Fe	248.3	ar-acetileno	2 - 10
Ca	422.7	ar-acetileno	1 - 4
Mg	285.2	ar-acetileno	0,1 – 0,4
K	766.5	ar-acetileno	0,4 – 1,5
Na	589.6	ar-acetileno	0,4 – 1,5

3 Resultados e discussão

Tal como referido anteriormente, a avaliação das alterações das características químicas do solo sujeito a fogo controlado foi efectuada em dois locais distintos, Caminha e Serra da Cabreira.

3.1 Caminha

Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, teor de humidade (%), teor natural de matéria orgânica (TNMO) (%) e teor total de Fe (mg/Kg de solo).

A amostragem foi efectuada, ao longo do tempo, em cinco pontos amostrais e em cada um recolheram-se amostras a diferentes profundidades.

A análise dos resultados vai ser efectuada tendo em conta três aspectos:

- Análise estatística descritiva dos parâmetros do solo, considerando que cada recolha era constituída por 15 amostras (5 pontos de recolha com 3 profundidades cada);
- Profundidade;
- Local de amostragem.

3.1.1 Resultados dos valores de pH nas amostras de Caminha

A Tabela 3 apresenta os resultados da análise estatística descritiva dos valores de pH ao longo do tempo (dias).

Tabela 3: Análise estatística descritiva dos valores de pH relativos a Caminha

	0	1	30	90	270	360
Média	5.35	6.28	5.91	7.01	4.48	4.11
Mediana	5.35	6.30	5.91	6.95	4.51	4.10
Desvio-padrão	0.44	0.24	0.32	0.67	0.11	0.10
Assimetria	-0.08	0.22	-0.41	0.14	-1.62	0.24
Intervalo	1.06	0.89	1.12	2.46	0.42	0.31
Mínimo	4.81	5.86	5.28	5.87	4.18	3.96
Máximo	5.87	6.75	6.40	8.33	4.60	4.27
Varição entre cada recolha (%)		17.5	-5.9	18.6	-36.1	-8.3
Varição relativa (%) antes,D1		17.5				
Varição relativa (%) antes,D30			10.5			
Varição relativa (%) antes,D90				31.1		
Varição relativa (%) antes,D270					-16.2	
Varição relativa (%) antes,D360						-23.2
Coef. de variabilidade (%)			19.9			

Analisando a Tabela 3 verifica-se que durante o período de amostragem, os resultados de pH apresentam valores médios entre 7.01 e 4.11. Logo após o fogo, verifica-se um aumento de 17,5% e no final do período de amostragem verifica-se uma diminuição de 23.2% nos valores de pH relativamente aos valores iniciais. A maior variação relativamente aos valores iniciais foi de 31,1% e verificou-se 90 dias após a queima. O coeficiente de variabilidade ao longo do tempo foi de 19.9%.

Na Figura 28 estão representadas as médias obtidas pelos cinco pontos de amostragem nas diferentes profundidades.

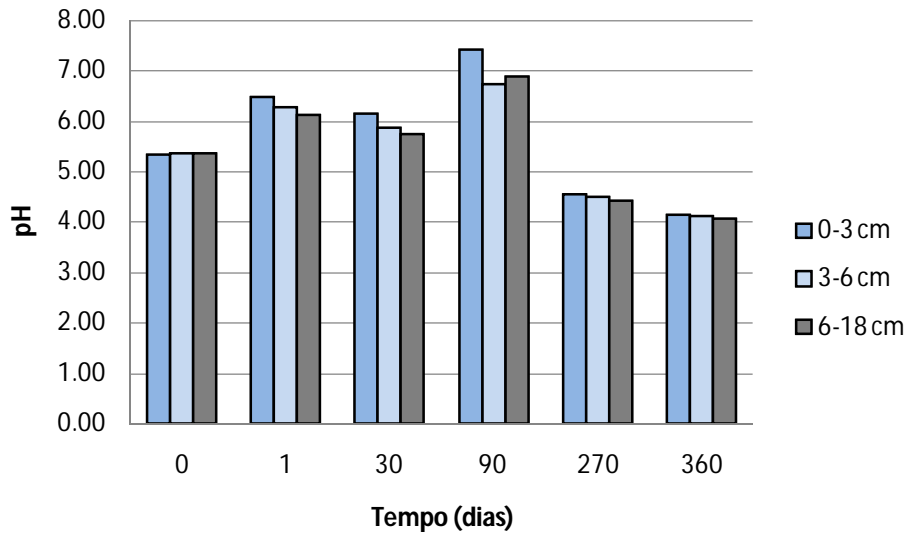


Figura 28: Valores médios do pH em cada amostragem nas diferentes profundidades relativamente a Caminha

Analisando a Figura 28 podemos verificar que há um aumento do pH logo após o fogo controlado em todas as profundidades, sendo superior a 1 unidade na camada mais superficial. Este facto poderá ser devido à libertação de óxidos e silicatos na cinza que têm reacção alcalina [22].

Após 30 dias da execução do fogo controlado verifica-se um ligeiro decréscimo no valor do pH, provavelmente devido à ocorrência de chuvas estacionais [22].

Aos 90 dias após o fogo há um novo aumento do pH que pode ser devido a um decréscimo do teor de bases trocáveis do qual não existem dados disponíveis para o confirmar. O aparecimento de nova vegetação também poderá ter influenciado os valores de pH, devido ao desenvolvimento da actividade biológica [21].

Os valores do pH ao fim de 360 dias foram baixando registando-se valores inferiores aos iniciais, tal facto foi também observado por Smith, num estudo efectuado em pinheirais de "Jack pine" em Ontário [23].

A Figura 29 representa os valores de pH ao longo do tempo nos diferentes pontos de recolha.

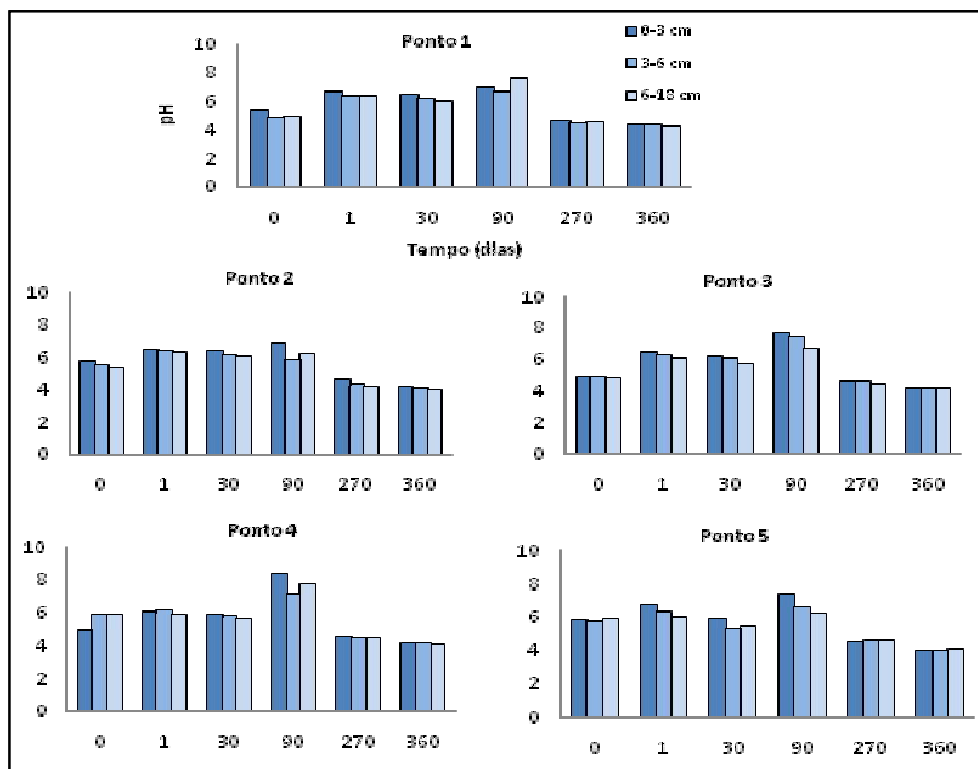


Figura 29: Valores de pH em cada ponto de amostragem, ao longo do tempo

Observando a Figura 29 pode-se verificar que os locais de amostragem, quer localização no terreno quer profundidade, não têm muita influência nos valores de pH.

3.1.2 Determinação do teor de humidade das amostras de Caminha

3.1.2.1 Validação do uso da Balança de Infravermelhos

Inicialmente o teor de humidade foi determinado por secagem em estufa, no entanto após a aquisição de uma balança com leitura de humidades, a determinação passou a ser efectuada desta forma após a validação deste método.

Como tal, foram analisadas cinco amostras pelos dois métodos e avaliou-se o erro da diferença dos resultados. Na Tabela 4 estão descritos os resultados para a validação do uso da balança.

Tabela 4: Parâmetros para validação do uso da balança de infravermelhos para determinação de humidades

Amostra	Estufa	Balança	Diferença	% D
1	33.32	33.72	0.40	1.21
2	43.81	45.59	1.78	4.06
3	36.40	37.90	1.50	4.12
4	24.74	25.47	0.73	2.95
5	28.80	29.60	0.80	2.78

A % D foi calculada da seguinte forma:

$$\%D = (\text{Valor balança} - \text{Valor estufa}) / (\text{Valor estufa}) \times 100$$

Analisando os valores obtidos, pode-se verificar que o erro é inferior a 5%, sendo portanto considerado válido este método.

3.1.2.2 Resultados dos teores de humidade de Caminha

A Tabela 5 apresenta os resultados da análise estatística dos teores de humidade, ao longo do tempo.

Tabela 5: Análise estatística descritiva dos valores do teor de humidade (%) ao longo do tempo relativos a Caminha

	0	1	30	90	270	360
Média	26.01	22.04	31.23	22.93	31.04	21.51
Mediana	22.30	23.60	27.40	18.30	29.60	20.48
Desvio-padrão	9.56	5.50	8.55	10.75	6.46	4.97
Assimetria	1.08	0.23	1.06	1.26	0.81	0.15
Intervalo	30.10	18.60	27.60	32.80	24.27	17.19
Mínimo	14.60	14.00	21.80	12.10	21.32	12.72
Máximo	44.70	32.60	49.40	44.90	45.59	29.91
Variação entre cada recolha (%)		-15.3	41.7	-26.6	35.4	-30.7
Variação relativa (%) antes,D1		-15.3				
Variação relativa (%) antes,D30			20.0			
Variação relativa (%) antes,D90				-11.9		
Variação relativa (%) antes,D270					19.3	
Variação relativa (%) antes,D360						-17.3
Coef. de variabilidade (%)			17.1			

Analisando a Tabela 5, pode-se observar que o teor de humidade durante o período de recolha apresentou valores médios entre 31.23% e 21.51%.

Logo após a queima houve uma diminuição de 15.3% e no final do período de amostragem, o teor de humidade diminuiu 17.3% relativamente ao valor inicial. O coeficiente de variabilidade apresentado foi de 17.1%.

A Figura 30 representa a evolução dos teores de humidade para cada profundidade durante o período de amostragem.

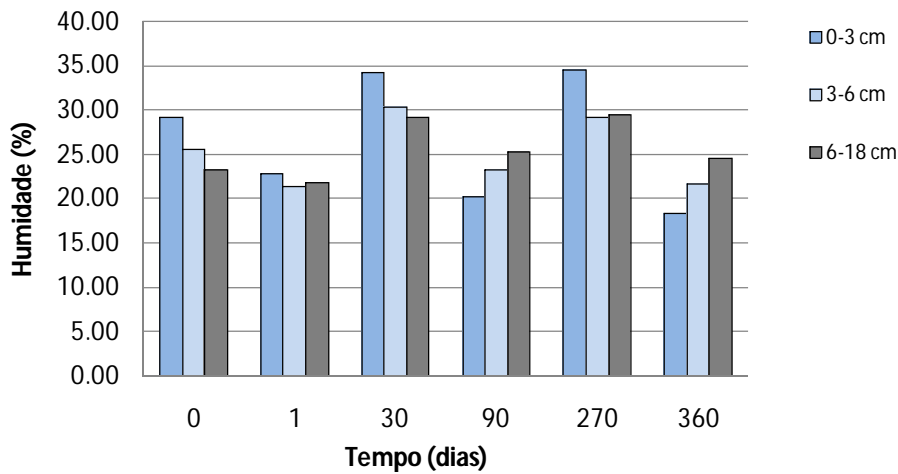


Figura 30: Valores médios do teor de humidade em cada amostragem para as diferentes profundidades relativos a Caminha

Observando a Figura 30 verifica-se que houve uma diminuição do teor de humidade, sendo progressivamente maior essa diferença da camada mais profunda até à superfície. O que se pode concluir que a acção do fogo se faz sentir com mais intensidade à superfície do solo. A perda de água no solo poderá dever-se à evaporação provocada pela passagem do fogo.

As variações do teor de humidade ao longo das recolhas efectuadas estão também de acordo com a precipitação, pela análise dos mapas de precipitação mensal total do Instituto de Meteorologia, apresentados no Anexo IV. Estes mapas não fornecerem valores exactos da precipitação, e o ideal seria a comparação com valores diários de precipitação durante o tempo de estudo, no entanto é possível verificar a evolução das variações mensais de precipitação para o período de amostragem e comparar com a evolução dos teores de humidade. Assim sendo, pela análise dos mapas de precipitação total mensal, obtém-se o gráfico da Figura 31.

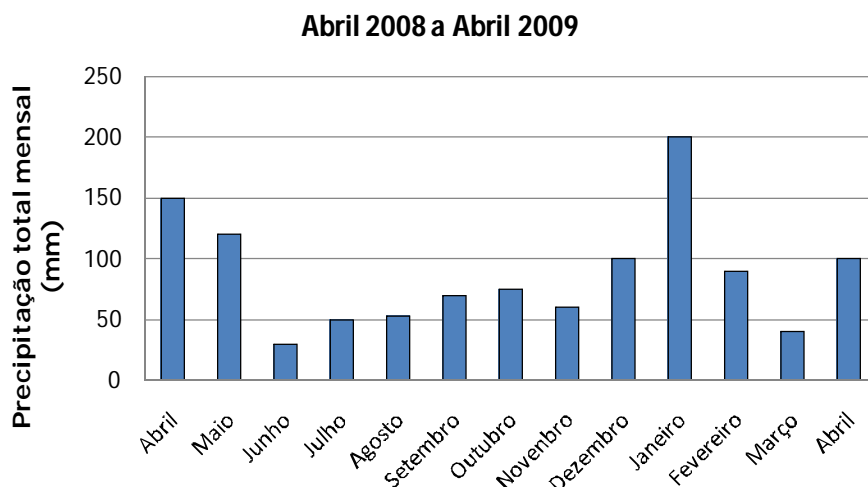


Figura 31: Valores da precipitação total mensal relativos a Caminha

Analisando a Figura 31 e a Tabela 5, pode-se observar que 30 dias após a queima (que corresponde ao início de Maio de 2008) houve um aumento do teor médio de humidade que pode ser devido à precipitação ocorrida em Abril. Aos 90 dias após a queima (início de Julho de 2008) o teor de humidade médio obtido é o mais baixo, este facto pode ser explicado pela baixa precipitação do mês de Junho. O início de Janeiro de 2009 (270 dias após o fogo controlado) apresenta dos valores máximos do teor médio de humidade (31.04%) obtidos que poderá ser explicado pela ocorrência de chuvas nos meses anteriores. No final de Março de 2009 (360 dias após o fogo controlado) há também uma diminuição do teor médio de humidade que pode ser explicado pelo decréscimo dos valores de precipitação nesse mês.

Representando graficamente os resultados obtidos para os diferentes pontos amostrados (Figura 32), para o período em estudo, pode-se verificar que o local de amostragem tem influência no teor de humidade. O ponto 1 que se situa num plano inclinado com pouca vegetação e perto de uma linha de água é aquele que apresenta valores superiores do teor de humidade. Em todos os casos, confirma-se que os teores de humidade à superfície do solo diminuem imediatamente após a queima e que não é possível prever qual o teor de humidade nas restantes situações.

Este parâmetro está fortemente dependente das condições meteorológicas, sobretudo no que se refere à precipitação, tal como observado. Com uma informação mais detalhada referente à precipitação diária e com tempos de amostragem mais curtos, a análise em profundidade poderia permitir um melhor conhecimento da capacidade de retenção de água pelo solo.

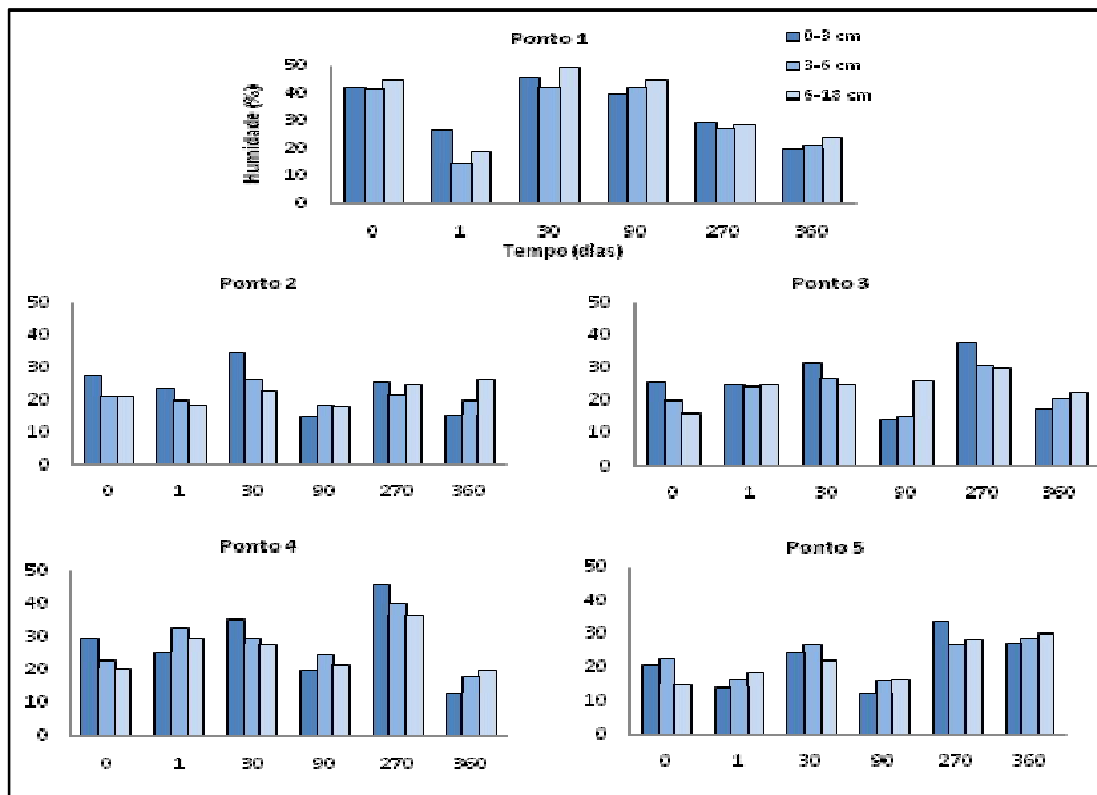


Figura 32: Teor de Humidade em cada ponto, ao longo do tempo relativo a Caminha

3.1.3 Resultados dos teores de matéria orgânica nas amostras de Caminha

A Tabela 6 apresenta a análise estatística descritiva dos valores do teor de matéria orgânica.

Tabela 6: Análise estatística descritiva dos teores de matéria orgânica (%) para Caminha

	0	1	30	90	270	360
Média	16.27	5.77	18.16	22.72	8.41	11.14
Mediana	16.66	7.41	18.12	21.01	7.30	11.40
Desvio-padrão	9.90	4.55	4.61	5.27	3.46	1.86
Assimetria	1.96	-0.26	-0.10	1.18	0.76	-0.11
Intervalo	43.02	11.28	16.35	17.67	10.19	5.35
Mínimo	3.28	0.10	9.77	17.08	4.19	8.47
Máximo	46.30	11.38	26.13	34.75	14.38	13.82
Varição entre cada recolha (%)		-64.5	214.5	25.1	-63.0	32.5
Varição relativa (%) <small>antes, D1</small>		-64.5				
Varição relativa (%) <small>antes, D30</small>			11.6			
Varição relativa (%) <small>antes, D90</small>				39.6		
Varição relativa (%) <small>antes, D270</small>					-48.3	
Varição relativa (%) <small>antes, D360</small>						-31.5
Coef. de variabilidade (%)			46.6			

Analisando a Tabela 6, verifica-se que os teores médios de matéria orgânica apresentam valores entre 22.72% e 5.77%. O valor mínimo foi obtido logo após a queima tendo-se registado uma diminuição de 64.5% relativamente ao teor inicial. O valor máximo foi obtido noventa dias após a mesma apresentando um aumento de 39.6% relativamente ao teor inicial. O coeficiente de variabilidade foi de 46.6%.

A Figura 33 ilustra os valores médios do teor de matéria orgânica por profundidade, ao longo do tempo.

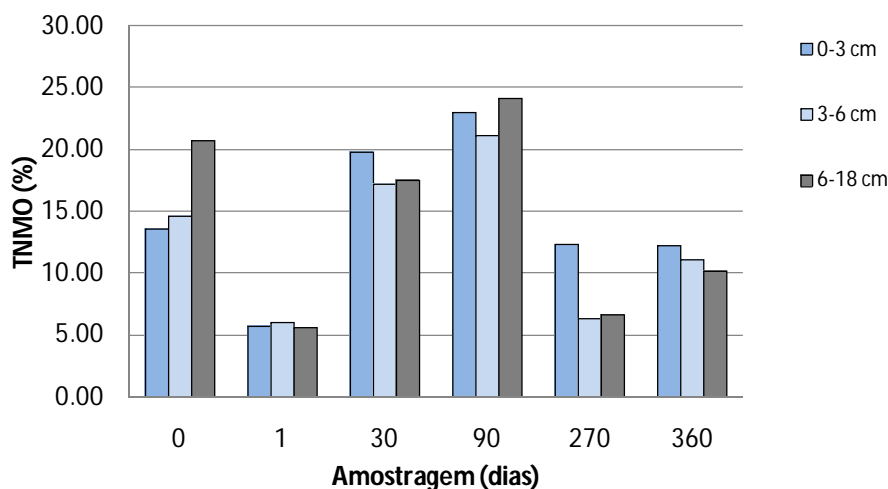


Figura 33: Valores médios de TNMO em cada amostragem nas diferentes profundidades, relativos a Caminha

Pode-se verificar um decréscimo dos valores médios de matéria orgânica logo após o fogo, que poderá ser devido á sua volatilização. Tal como verificado por muitos autores [30].

Trinta dias após o fogo verifica-se um aumento dos teores médios de matéria orgânica, assim como, noventa dias depois. No final do período de amostragem parece haver uma estabilização dos valores, sendo ligeiramente inferiores aos iniciais.

A Figura 34 apresenta os teores de matéria orgânica em cada ponto de amostragem.

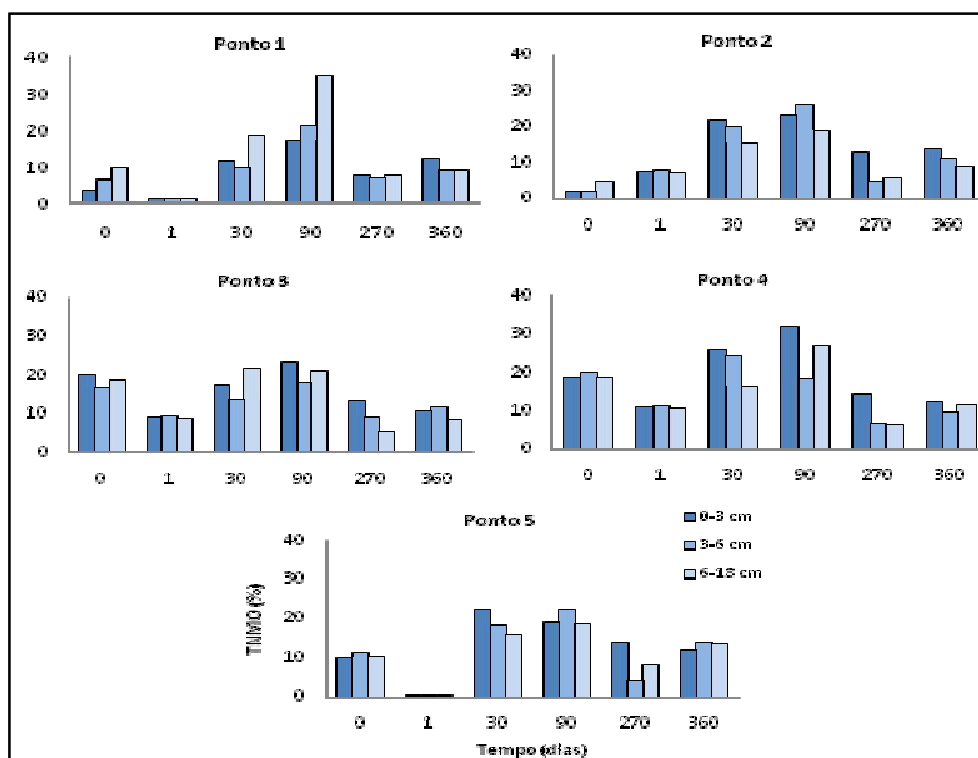


Figura 34: Teor de matéria orgânica em cada ponto de amostragem, ao longo do tempo relativamente a Caminha

Observando a Figura 34 pode-se verificar que os teores de matéria orgânica também dependem, para além de outros factores das características do ponto de amostragem, nomeadamente localização no terreno e em profundidade. Não podendo ser possível estabelecer um padrão que traduza essa dependência. No ponto 2, verifica-se um aumento do teor de matéria orgânica, logo após o fogo, que pode ter sido devido à rápida passagem do fogo neste ponto, queimando pouco a vegetação.

3.1.4 Determinação dos teores totais de Fe nas amostras de Caminha

3.1.4.1 Curva de calibração para a determinação do Fe

Tal como referido anteriormente, a quantificação do Fe no solo foi efectuada por espectrofotometria de absorção atómica, recorrendo ao método das curvas de calibração.

Foram preparados padrões recorrendo-se a diluições de uma solução mãe cuja concentração era de 1000mg/L.

Traçou-se a curva de calibração usando cinco soluções padrão cujo resultado se apresenta na Figura 35.

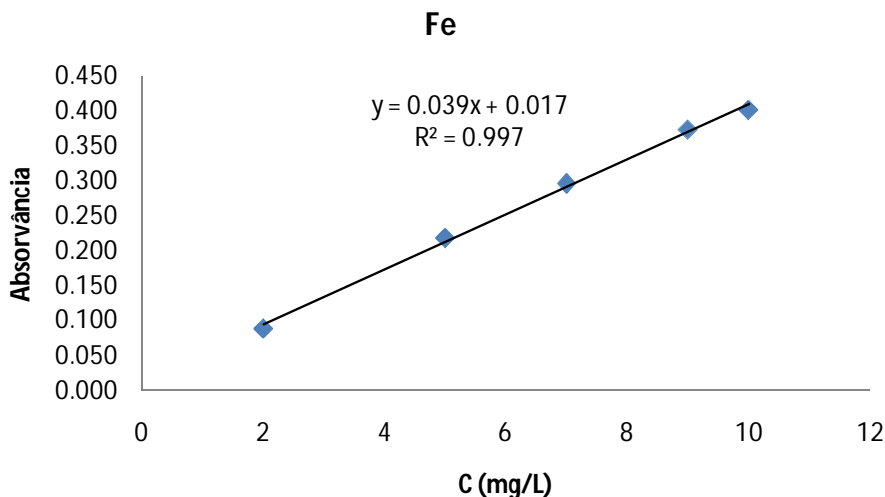


Figura 35: Curva de calibração do Fe para o intervalo de concentrações compreendido entre 2mg/L e 9mg/L

Procedeu-se ao ajuste linear, apresentando-se na Tabela 7 os resultados do estudo da linearidade.

Tabela 7: Parâmetros do estudo de linearidade relativos ao Fe

Declive	Ordenada na origem	Limite de Detecção (mg/L)	R ²
0,039±0,00122	0,017±0,00834	2,35	0,997

O limite de detecção foi calculado com base na curva de calibração [34], estando a descrição do cálculo no Anexo II. Existe uma boa correlação entre a absorvância e a concentração das soluções, no intervalo considerado, a provar pelo valor do coeficiente de correlação ($R^2 = 0,997$).

3.1.4.2 Validação estatística do método analítico

A validação de uma curva de calibração pressupõe que sejam satisfeitas as seguintes condições [40]:

- O erro de declive $\frac{Sb}{b}$ deve ser igual ou inferior a 5%;
- O intervalo definido pelo valor da ordenada na origem e o erro associado a esta, deve incluir a origem das coordenadas.

Na Tabela 8 apresentam-se os resultados obtidos para a validação estatística da curva de calibração apresentando-se os cálculos no Anexo II.

Tabela 8: Parâmetros estatísticos associados à curva de calibração do Fe

Parâmetros		
$\frac{Sb}{b}$	a-tSa	a+tSa
3,13	0,0087	0,0182

a- ordenada na origem; **b**-declive; **Sa**-desvio padrão da ordenada na origem; **Sb**-desvio padrão do declive; **t**-distribuição t-student para um nível de confiança de 95%

Os resultados obtidos são satisfatórios já que as condições de linearidade foram cumpridas. Verifica-se que o erro do declive é inferior a 4% e o intervalo de confiança da ordenada na origem inclui a própria origem.

3.1.4.3 Resultados dos teores totais de Fe de Caminha

A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos da análise estatística dos teores totais de Fe.

Tabela 9: Análise estatística descritiva dos teores totais de Fe (mg/Kg) relativos a Caminha

	0	1	30	90	270	360
Média	23421	32796	34559	29302	18617	17180
Mediana	20776	29958	30584	27290	18675	16279
Desvio-padrão	8544	9348	13343	9871	3382	2859
Assimetria	0.35	0.07	1.78	0.69	0.35	0.42
Intervalo	26863	24998	51513	30037	11316	8042
Mínimo	11652	20681	21198	17332	13558	13739
Máximo	38514	45678	72712	47368	24874	21781
Varição entre cada recolha (%)		40.0	5.4	-15.2	-36.5	-7.7
Varição relativa (%) antes,D1		40.0				
Varição relativa (%) antes,D30			47.6			
Varição relativa (%) antes,D90				25.1		
Varição relativa (%) antes,D270					-20.5	
Varição relativa (%) antes,D360						-26.6
Coef. de variabilidade (%)				28.2		

A análise da Tabela 9 permite verificar que os teores médios totais de Fe apresentam valores entre 17180 e 34559 mg/Kg de solo. O valor máximo foi obtido 30 dias após a queima e o mínimo 360 dias após a mesma, registando-se um aumento de 47.6% no primeiro caso, e uma diminuição de 26.6% no segundo, tendo em conta os valores iniciais.

Trinta dias após a queima, verifica-se um aumento significativo de 47.6% no teor de Fe. Após este período, os valores vão sendo progressivamente inferiores apresentando uma diminuição de 26.6%, relativamente ao valor inicial, no final do período de recolha. As duas últimas recolha apresentam uma variação relativa entre elas de -7.7%, o que poderá indicar que os valores tendem para a estabilização.

A Figura 36 representa a variação média do teor total do ferro para as três profundidades nas diferentes recolhas.

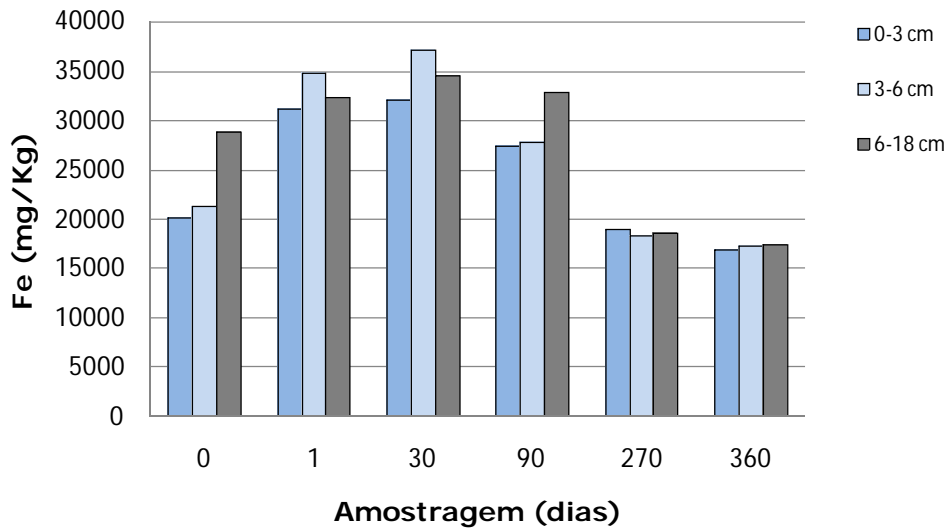


Figura 36: Valores médios do teor total de Fe em cada amostragem nas diferentes profundidades relativos a caminha

Pela análise da Figura 36 pode-se verificar que houve um aumento significativo, logo após a queima, do teor total de Fe total em quase todas as profundidades.

Este facto foi também observado por J. G. Neto [41], que num estudo efectuado sobre Influência da Queima Controlada na Concentração de Elementos Químicos no Solo em Povoamentos de *Pinus spp*, verificou um aumento de 303% e 76% nos teores de Fe em dois tipos de povoamentos de *Pinus* diferentes mas a uma profundidade de 50 cm.

Os teores de Fe parecem ter estabilizado no final dos 360 dias em todas as profundidades sendo, no entanto, inferiores aos valores iniciais.

A Figura 37, que apresenta os resultados obtidos dos teores totais de Fe para cada ponto de amostragem, mostra que os teores de Fe também são influenciados pelas características dos pontos de amostragem, nomeadamente a sua localização no terreno. Relativamente à profundidade a variação é mais notada nas amostragens intermédias havendo pouca variação entre profundidades nas duas últimas recolhas. No entanto, neste caso, também não se pode traçar um padrão que traduza essas influências.

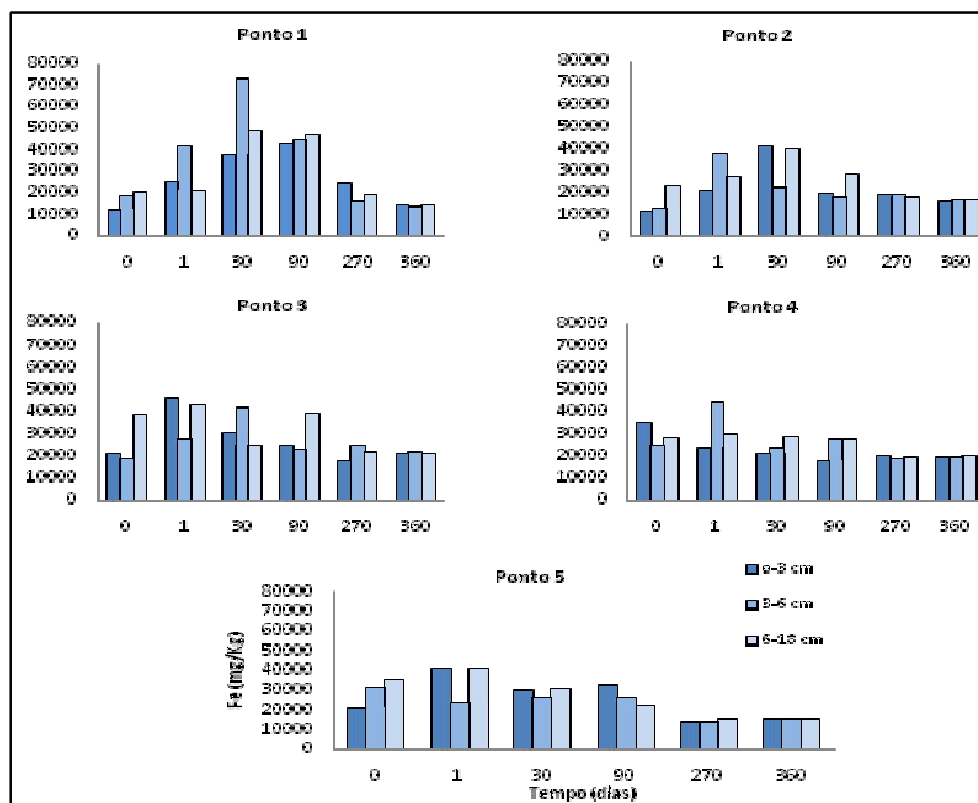


Figura 37: Teor total de Fe em cada ponto de amostragem, ao longo do tempo relativamente a Caminha

3.2 Serra da Cabreira

Nas amostras recolhidas na Serra da Cabreira, foram analisados os seguintes parâmetros: pH, teor de humidade (%), teor natural de matéria orgânica (TNMO) (%) e os teores totais dos nutrientes vegetais Fe (mg/Kg de solo), Mg (mg/Kg de solo), K (mg/Kg de solo) e Ca (mg/Kg de solo).

Neste caso, foram estabelecidos aleatoriamente 20 pontos amostrais na zona sujeita a fogo controlado. As amostras foram recolhidas com pá, uma vez que o terreno não permitiu a recolha em profundidade.

Efectuou-se uma análise estatística descritiva aos 20 pontos amostrais de forma a caracterizar estatisticamente as variações das características químicas do solo.

A representação gráfica dos resultados obtidos para os diferentes pontos não foi efectuada, uma vez que não acrescenta nenhuma informação relevante. Os resultados obtidos para cada ponto de amostragem encontram-se no Anexo III.

3.2.1 Resultados dos valores de pH da Serra da Cabreira

A Figura 38 representa a evolução dos valores médios de pH nos diferentes dias de amostragem.

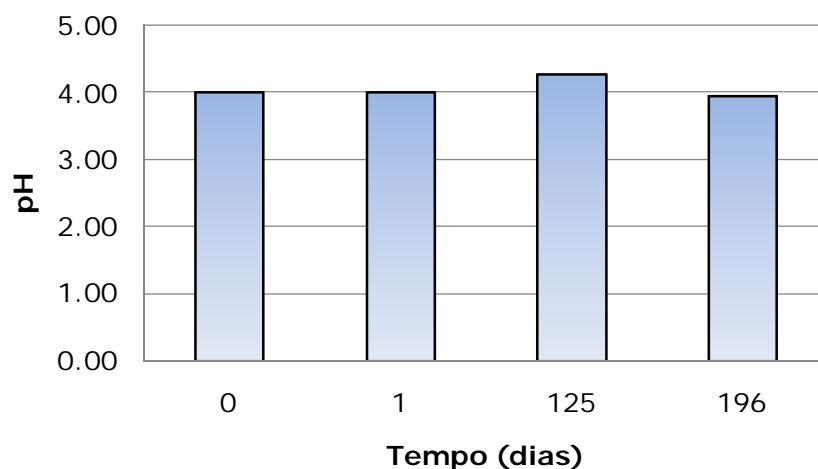


Figura 38: Valores médios do pH ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira

Analisando a Figura 38, pode-se verificar que os valores médios de pH não tiveram variações significativas ao longo do tempo. Este facto foi também verificado por A. C. Batista *et al* [30], num estudo efectuado num povoamento de *pinus taeda* sobre os efeitos da queima controlada.

A Tabela 10 apresenta os valores obtidos da análise estatística descritiva dos valores de pH. Pela sua análise, podemos observar que durante o período de amostragem, os resultados de pH apresentam valores médios entre 4.29 e 3.96 sendo a sua diferença não muito significativa. O máximo foi registado 125 dias após a queima com uma variação relativa de 6.74% e o mínimo 196 dias após a mesma com uma variação relativa de -1.37%. O coeficiente de variabilidade foi de 3.64%. Logo após a queima, o valor de pH manteve-se praticamente inalterado tendo ocorrido uma variação de -0.22%.

Tabela 10: Análise estatística descritiva para os valores de pH relativos à serra da Cabreira

	0	1	125	196
Média	4.02	4.01	4.29	3.96
Mediana	3.90	3.90	4.33	3.99
Desvio-padrão	0.44	0.35	0.27	0.37
Assimetria	1.22	0.35	-0.74	0.44
Intervalo	1.79	1.12	0.89	1.35
Mínimo	3.41	3.47	3.75	3.45
Máximo	5.20	4.59	4.64	4.80
Variação entre cada recolha (%)		-0.22	6.98	-7.59
Variação relativa (%) _{antes,1}		-0.22		
Variação relativa (%) _{antes,125}			6.74	
Variação relativa (%) _{antes,196}				-1.37
Coef. de variabilidade (%)		3.64		

3.2.2 Resultados dos teores de Humidade da Serra de Cabreira

A Figura 39 ilustra os valores médios dos teores de humidade ao longo do período de amostragem.

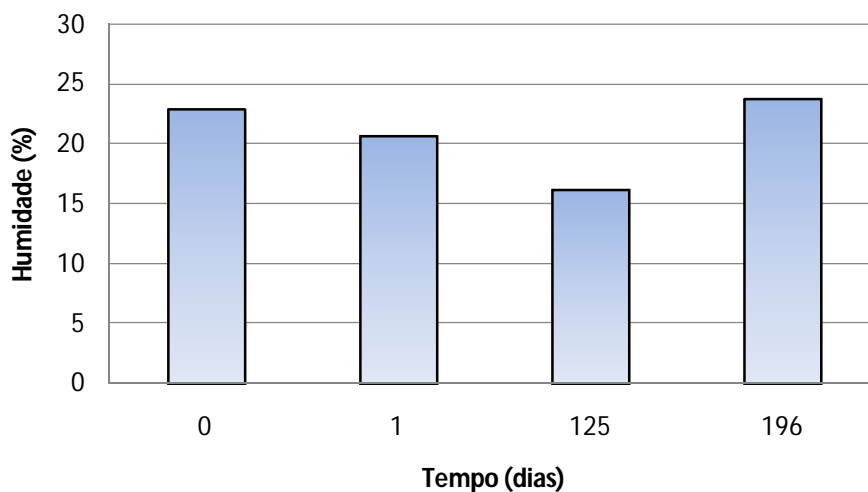


Figura 39: Teores médios de Humidade ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira

Pela análise da Figura 29 pode-se verificar uma ligeira redução do teor de humidade logo após a queima, tal como verificado em Caminha. Esta ocorrência poderá ser devida à evaporação da água aquando a passagem do fogo.

A Figura 40 apresenta os valores da precipitação total mensal de Outubro de 2008 a Junho de 2009 relativamente à Serra da Cabreira, baseada nos mapas de precipitação apresentados no Anexo IV. Tal como referido anteriormente apenas fornece informação relativa à evolução dos valores de precipitação, não sendo portanto exactos os seus valores.

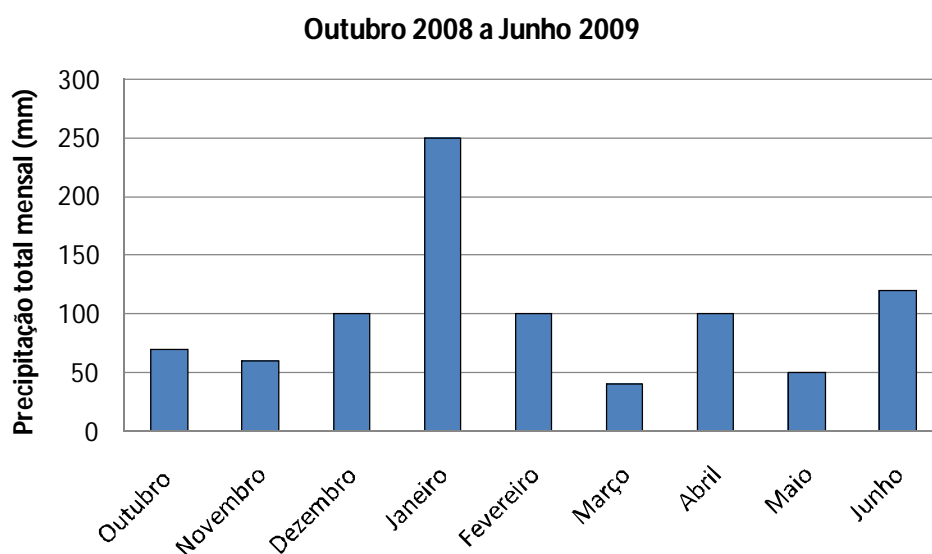


Figura 40: Valores de precipitação total mensal relativos à Serra da Cabreira

A Tabela 11 apresenta os resultados da análise estatística dos teores médios de humidade. Pela sua análise, pode-se observar que os teores de humidade tiveram uma variação entre 23.83 e 16.21% e o coeficiente de variabilidade foi de 16.27%.

Logo após a queima verifica-se uma diminuição de 9.59%. A maior variação foi observada 125 dias após a queima (final de Março de 2009) com uma diminuição de 29.32% relativamente aos teores iniciais. Esta diminuição pode ser explicada pela baixa precipitação do mês de Março.

Aos 196 dias após o fogo controlado (final de Junho de 2009) obteve-se o valor mais elevado do teor médio de humidade assim como a precipitação do mês de Junho de 2009 é mais elevada do que nos outros meses de recolha (Novembro de 2008 e Março 2009).

Com os resultados obtidos pode-se verificar que o teor de humidade depende da precipitação ocorrida, podendo haver retenção de água no solo. No entanto seria necessário um estudo com outras condições nomeadamente uma periodicidade de recolha inferior para avaliar o efeito do fogo controlado na retenção de água no solo.

Tabela 11: Análise estatística descritiva para os teores de humidade (%) relativos à Serra da Cabreira

	0	1	125	196
Média	22.93	20.73	16.21	23.83
Mediana	22.35	20.24	17.29	24.73
Desvio-padrão	4.99	5.31	6.62	6.09
Assimetria	0.55	0.00	-0.10	-1.22
Intervalo	23.22	20.78	22.12	26.71
Mínimo	12.45	10.02	5.94	5.71
Máximo	35.67	30.80	28.06	32.42
Variação entre cada recolha (%)		-9.59	-21.83	47.03
Variação relativa (%) _{antes,1}		-9.59		
Variação relativa (%) _{antes,125}			-29.32	
Variação relativa (%) _{antes,196}				3.92
Coef. de variabilidade (%)		16.27		

3.2.3 Resultados dos teores de matéria orgânica da Serra da Cabreira

A Figura 41 representa a variação do teor de matéria orgânica durante o período de amostragem.

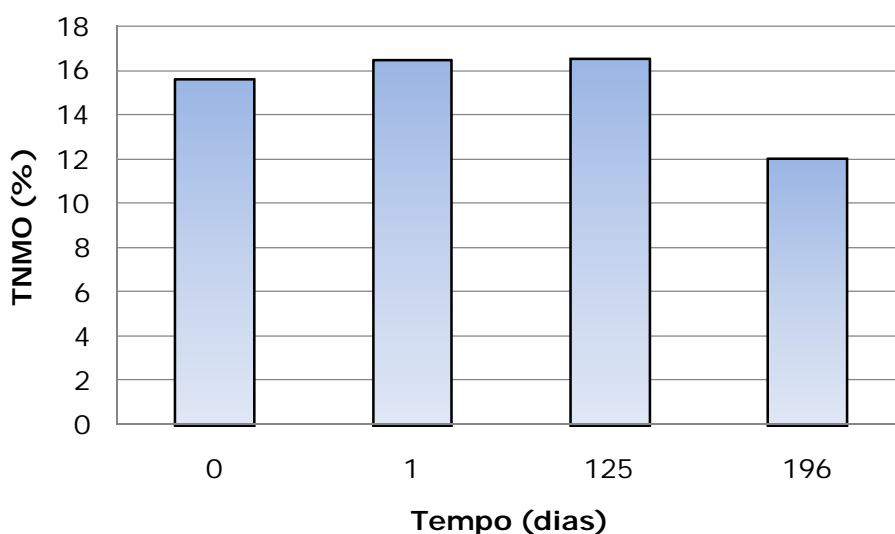


Figura 41: Valores médios de TNMO ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira

A Tabela 12 apresenta a análise estatística descritiva dos valores do teor de matéria orgânica. Pela sua análise, verifica-se que os teores médios de matéria orgânica variaram entre 16.57% e 12.06%. Neste caso, logo após a queima registou-se um ligeiro aumento de 5.33% relativamente ao teor inicial.

O valor máximo foi obtido 125 dias após a queima apresentando um aumento de 5.9% relativamente ao teor inicial. O teor mínimo foi observado 196 dias após a queimada controlada com uma diminuição de 22.94% relativamente ao valor inicial. Este parâmetro apresentou um coeficiente de variabilidade de 14.02%.

Tabela 12: Análise estatística descritiva para os valores do teor de matéria orgânica (%) relativos à Serra da Cabreira

	0	1	125	196
Média	15.65	16.49	16.57	12.06
Mediana	13.86	16.18	14.75	11.86
Desvio-padrão	8.14	6.90	7.94	3.78
Assimetria	0.56	-0.40	1.01	0.40
Intervalo	31.15	23.86	32.26	17.60
Mínimo	2.12	1.22	5.31	3.67
Máximo	33.27	25.08	37.57	21.27
Variação entre cada recolha (%)		5.33	0.53	-27.23
Variação relativa (%) antes,1		5.33		
Variação relativa (%) antes,125			5.90	
Variação relativa (%) antes,196				-22.94
Coef. de variabilidade (%)		14.02		

3.2.4 Resultados dos teor totais de Fe da Serra da Cabreira

A Figura 42 representa a evolução do teor total de Fe, ao longo do período de recolha.

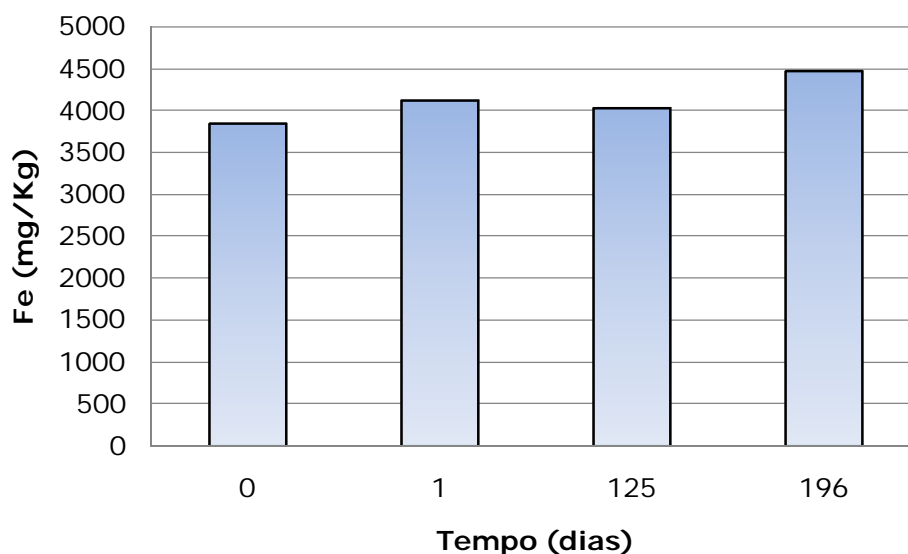


Figura 42: Teores totais médios de Fe ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira

Observando a Figura 42 verifica-se um ligeiro aumento do teor de Fe, logo após o fogo controlado. Esse aumento foi de 7.34%, tal como mostra a Tabela 13. Nesta tabela, também se pode verificar que o teor de Fe variou entre 3841 e 4465 mg/Kg.

No final do período de amostragem, ou seja, 196 dias após a queima o teor de Fe aumentou 16.25% relativamente ao valor inicial. O coeficiente de variabilidade foi de 6.34%.

Tabela 13: Análise estatística descritiva para os teores totais de Fe (mg/Kg) relativos à Serra da Cabreira

	0	1	125	196
Média	3841	4123	4036	4465
Mediana	3701	3626	3731	4757
Desvio-padrão	1467	1758	1453	1209
Assimetria	0.71	0.77	1.56	-0.43
Intervalo	5901	6758	6238	3985
Mínimo	1639	1167	2266	1996
Máximo	7541	7925	8504	5981
Varição entre cada recolha (%)		7.34	-2.12	10.65
Varição relativa (%) <small>antes,1</small>		7.34		
Varição relativa (%) <small>antes,125</small>			5.07	
Varição relativa (%) <small>antes,196</small>				16.25
Coef. de variabilidade (%)		6.34		

3.2.5 Resultados dos teores totais de Mg da Serra da Cabreira

Os cálculos e resultados obtidos para o estudo de linearidade e validação do método analítico encontram-se no Anexo II.

A evolução do teor total de Mg, durante o período de amostragem, está representada na Figura 43.

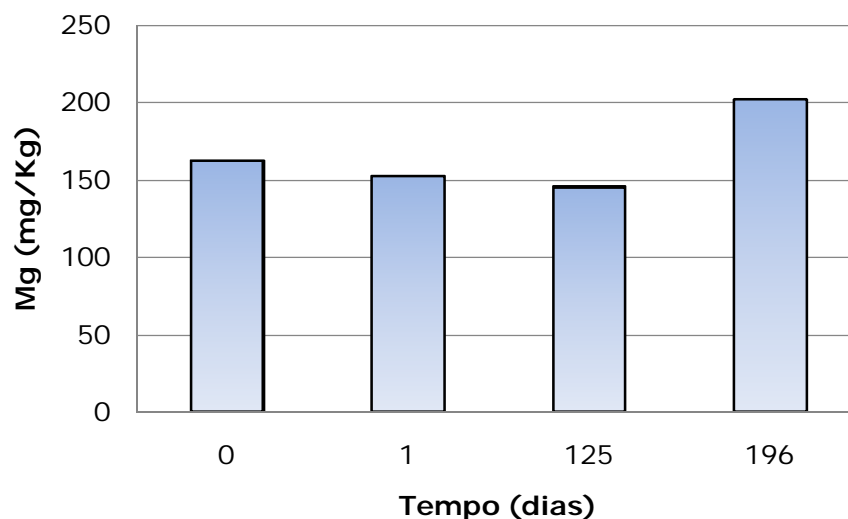


Figura 43: Teores totais médios de Mg ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira

Analisando a Tabela 14, verifica-se que durante o período de recolha, os teores de Mg variaram entre 202 e 145 mg/Kg.

Logo após a queima verifica-se uma ligeira diminuição no teor total de Mg, sendo essa diminuição de 6.07%.

Aos 196 dias após o fogo controlado o teor total de Mg apresenta um aumento significativo de 24.38% relativamente ao teor inicial. O coeficiente de variabilidade foi de 15.24%.

Tabela 14: Análise estatística descritiva para os teores totais de Mg (mg/Kg) relativos à Serra da Cabreira

	0	1	125	196
Média	162	153	145	202
Mediana	129	114	131	217
Desvio-padrão	108	96	67	56
Assimetria	0.70	0.62	2.10	-0.92
Intervalo	356	291	296	181
Mínimo	12	40	74	88
Máximo	368	331	370	269
Varição entre cada recolha (%)		-6.07	-4.65	38.88
Varição relativa (%) _{antes,1}		-6.07		
Varição relativa (%) _{antes,125}			-10.44	
Varição relativa (%) _{antes,196}				24.38
Coef. de variabilidade (%)		15.24		

3.2.6 Resultados dos teores totais de K da Serra da Cabreira

Os cálculos e resultados obtidos para o estudo de linearidade e validação do método analítico encontram-se no Anexo II.

A Figura 44 ilustra a evolução do teor total de K ao longo do tempo.

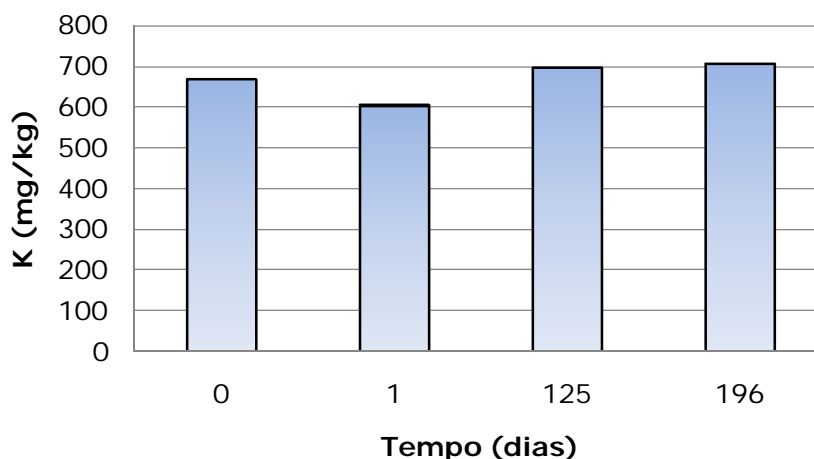


Figura 44: Teores totais médios de K ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira

Os teores médios totais de K variaram entre 606 e 708 mg/Kg durante o período de estudo, tal como apresenta a Tabela 15.

Observando a Figura 44 verifica-se um ligeiro decréscimo de 9.54% no teor de K, logo após a queima.

Ao fim de 196 dias o solo apresenta um aumento de 5.76% relativamente ao valor inicial.

No final do período de recolha, os teores de K parecem ter estabilizado, uma vez que a variação entre as duas últimas recolhas é de apenas 1.52%. O coeficiente de variabilidade foi de 6.87%

Tabela 15: Análise estatística descritiva para os teores totais de K (mg/Kg) relativos à Serra da Cabreira

	0	1	125	196
Média	670	606	697	708
Mediana	684	564	683	668
Desvio-padrão	231	239	121	201
Assimetria	0.18	0.87	0.52	0.26
Intervalo	780	961	473	720
Mínimo	303	233	511	329
Máximo	1083	1194	984	1049
Varição entre cada recolha (%)		-9.56	15.18	1.52
Varição relativa (%) <small>antes,1</small>		-9.56		
Varição relativa (%) <small>antes,125</small>			4.17	
Varição relativa (%) <small>antes,196</small>				5.76
Coef. de variabilidade (%)		6.87		

3.2.7 Resultados dos teores totais de Ca para a Serra da Cabreira

Os cálculos e resultados obtidos para o estudo de linearidade e validação do método analítico encontram-se no Anexo II.

Os teores de cálcio foram sempre inferiores ao limite de detecção ($LD=0.958$ mg/L). Assim sendo, não foi possível avaliar a variação dos teores totais de Ca. Apesar da validação do método, dever-se-ia ter usado um método cuja sensibilidade fosse maior e com um limite de detecção inferior.

4 Conclusões

O objectivo essencial deste trabalho consistiu no estudo da variação de características químicas do solo sujeito a fogo controlado. A motivação deste estudo prendeu-se com a existência de pouca informação sobre os efeitos dos métodos usados para a diminuição da carga de combustível florestal nos ecossistemas do noroeste de Portugal. Os estudos existentes debruçam-se essencialmente nos efeitos dos incêndios florestais nos ecossistemas mediterrânicos.

Visando este objectivo foram estudadas duas áreas distintas, sujeitas a fogo controlado. Uma no concelho de Caminha com 1 ha outra na serra da Cabreira com 54.6 ha. Os parâmetros analisados foram o pH, o teor de humidade, o teor de matéria orgânica, e o teor total de Fe para o primeiro caso. No segundo foram também determinados os teores de Mg, K e Ca.

Na área de Caminha, verificou-se um aumento do pH (17.5%) logo após o fogo assim como do teor de Fe (40%). Os teores de humidade e matéria orgânica diminuíram com a passagem do fogo em 15.3% e 64.5%, respectivamente.

Trinta dias após o fogo registaram-se os valores máximos dos teores de Fe, verificando-se um aumento significativo de 47.6%, relativamente aos teores iniciais.

O pH e o teor de matéria orgânica tiveram valores máximos noventa dias após o fogo. A matéria orgânica viu o seu teor aumentado em 39.6%, relativamente ao valor inicial e o pH 31.1%.

Um ano após o fogo controlado, todos os parâmetros sofreram reduções nos seus valores iniciais. As variações foram de 23.2% para o pH, 17.3% para o teor de humidade, 31.5% para o teor de matéria orgânica e 26.6% para o teor total de Fe, que parece ter estabilizado no final deste período.

Durante o período de amostragem, o parâmetro que apresentou maior variabilidade foi o teor de matéria orgânica e o menor foi o teor de humidade.

A localização do ponto de recolha parece influenciar estes parâmetros com excepção do pH. O local com maior variação é aquele situado perto de uma linha de água.

Relativamente à Serra da Cabreira, o pH não sofreu alterações significativas durante o período de recolha (196 dias), tendo inclusivamente mantido praticamente o seu valor inicial, logo após a queima.

Logo após o fogo controlado verificou-se um ligeiro aumento do teor de matéria orgânica de 5.33%, bem como do teor total de Fe em 7.34%. O teor de humidade apresentou uma redução de 9.59%, o teor total de Mg de 6.07% e o teor total de K de 9.54%.

No final do período de amostragem o teor de matéria orgânica foi reduzido em 22.94%. Os teores totais de Fe, Mg e K aumentaram em 16.2%, 24.38% e 5.76%, respectivamente. O parâmetro que apresentou maior variabilidade foi o teor de humidade e o menor foi o pH.

Deve-se manter a monitorização destas áreas para continuar a avaliação das alterações ocorridas nos parâmetros ao longo do tempo e verificar se em determinado momento vai ocorrer uma estabilização dos parâmetros estudados.

Tal como referido anteriormente, a quantidade total de um dado nutriente do ponto de vista da nutrição das plantas não fornece dados relevantes quanto à disponibilidade desse elemento para a vida das plantas. Como tal, numa próxima abordagem deve-se ter em consideração os teores disponíveis ou trocáveis e não os totais dos nutrientes.

Para além disso, uma vez que se admite que as condições meteorológicas têm influência nos valores dos parâmetros estudados, e que não foi possível estabelecer um padrão que traduzisse essa influência pela existência de dados insuficientes, seria interessante, num projecto próximo, o estudo da variação destes e outros parâmetros com as condições meteorológicas e tentar estabelecer um padrão que traduza as respectivas variações.

Na posse de mais dados, seria também interessante comparar as alterações ocorridas nos parâmetros destes dois tipos de solo florestal e averiguar a existência de algum padrão.

5 Referências Bibliográficas

1. Carvalho, A. *Forest fire and air quality under climate change scenario* Departamento de Ambiente e Ordenamento. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro. Aveiro. 2008
2. Santos P., Miranda F.D. *Alterações Climáticas em Portugal - Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação - Projecto SIAM II*. Gradiva. Lisboa. 2006
3. Beutling, A., et al. *Evaluación del efecto de la carga de combustible y de la inclinación del terreno sobre la velocidad de propagación del fuego bajo condiciones de laboratorio*. Wildfire2007. Sevilha, Espanha. 2007
4. *web site da wikipédia*.
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Inc%C3%AAndioflorestal>. Consulta Maio 2009
5. Palheiro, P. *Técnicas e tecnologias na prevenção de incêndios florestais*. Jornada Floresta e Incêndios. Penacova. Maio 2006
6. Direcção de Unidade de Defesa da Floresta. *Áreas ardidadas e ocorrências em 2008*. Autoridade Florestal Nacional. Lisboa. 2008
7. Verde, J. e Zêzere, J.L. *AVALIAÇÃO DA PERIGOSIDADE DE INCÊNDIO FLORESTAL*. Universidade de Lisboa. Lisboa. 2007
8. Fernandes, P. *O uso da técnica do fogo controlado*. Revista Florestal. Vol. X. Janeiro - Abril, 1997
9. Pereira, C. Fogo quanto baste. *Naturlink*. <http://www.naturlink.pt>. Consulta Julho de 2009
10. Rego, F. C.; Botelho, H. e Ruas, L. Final Report of STEP project. *Forest fire prevention through prescribed burning: experimental study on fire effects on litter and soil*. UTAD. Vila Real. 1993
11. Mutch, R.W. e Cook, W. A. The use of fire in forest restoration. *Restoring fire to ecosystems: methods vary with land management goals*. USDA For. Serv. Intermt. Res. Stn. Gen. Tech. Rep. INT-GTR-341. Ogden, Utah. 1996
12. *Instituto de Meteorologia*.
http://www.meteo.pt/pt/enciclopedia/o_tempo/risco.incendio/indice.fwi/index.html Consulta Setembro de 2009
13. Costa, A. *Portal da Estrela*. 2007
<http://www.portadaestrela.com/index.asp?idEdicao=227&id=10014&idSeccao=1994&Action=noticia> Consulta Julho de 2009
14. Botelho, H. S. e Fernandes, P. M. *CONTROLLED BURNING IN THE MEDITERRANEAN COUNTRIES OF EUROPE*. Departamento Florestal da UTAD. Vila Real. 1998

15. Rego, F. C. e Fernandes, P. M. *PRESCRIBED BURNING USE IN FOREST FIRE MANAGEMENT*. UTAD. Vila Real. 1998
16. Fernandes, P.; Botelho, H. e Loureiro, C. *Manual de formação para a técnica do fogo controlado*. Departamento Florestal da Universidade de Trás os Montes e Alto Douro. Vila Real. 2002
17. Silva, J. S. E depois do fogo? Os efeitos dos incêndios. *Naturlink*. <http://www.naturlink.pt>. Consulta Julho de 2009
18. Fernandez, P.; Quintal-Nova L.; Tujeira, R.; Mestre, S. *Avaliação do impacte dos fogos florestais nos recursos hídricos subterrâneos*. Projecto POCI/AGR/59180/2004. Relatório relativo ao ano de 2006. Escola Superior Agrária de Castelo Branco. Castelo Branco. 2007
19. Garcia, E. G., Andreu, V. e Rubio, J. L. *Changes in organic matter, nitrogen, phosphorus and cations in soil as a result of fire and water erosion in a Mediterranean landscape*. Blackwell Science Ld, European Journal of Science. Vol. 51. 2000
20. Neff, J.C., Harden, J.W. e Gleixner, G. *Fire effects on soil organic matter content, composition, and nutrients in boreal interior*. NRC Research Press. Canada. Vol. 35. 2005
21. Zanine, A. de M. e Diniz, D. *Efeito da queima sob o teor de umidade, características físicas e químicas, matéria orgânica e temperatura no solo sob pastagem*. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Vol. VII, Nº 4. ISSN 1695-7504. 2006
22. Soares, R. V. e Neto, J. G. *Influência da queima controlada no pH do solo em um povoamento de pinus spp, na Região de Sacramento, MG*. Ci. Flor. Santa Maria. Vol. 5, n. 1. p 87-101. 1995
23. Smith, D. W. *Concentrations of soil nutrientes before and after fire*. Canadian Journal of soil Science. Canada. n. 58, p 17-29. 1970
24. Mattos, J.C.A. de. *A influência do fogo na vegetação e o seu uso no estabelecimento e manejo de pastagens*. Instituto de Zootecnia. São Paulo. Boletim Técnico 1, Vol. 21. 1971
25. Rodrigues, C. A. G., Crispim, S. M. A. e Filho, J. A. C. *Queima controlada no Pantanal*. Embrapa. Corumbá. Vol. 35. ISSN 1517-1981. 2002
26. Costa, J. B. da. *Caracterização e constituição do solo*. Fundação Caloust Gulbenkian. Lisboa. 2004
27. Soares, R. V., *Queimas controladas: Prós e contras*. Anais do I Forum Nacional sobre Incêndios Florestais / III Reunião Conjunta IPEF-FUPEF-SIF. 1995

- 28.** Hall, R. G. Fire and Biodiversity: The Effects and Effectiveness of Fire Management. *Fire effects of fuel reduction burning management*. Melbourne. 1994
- 29.** Rau, B. M., et al. *Prescribed Fire, Soil, and Plants: Burn Effects and Interactions in the Central Great Basin*. RANGELAND ECOLOGY & MANAGEMENT. USA. Vol.61. March, 2008
- 30.** Batista, A. C., Reissmann C. B. e Soares R. V. *Efeitos da queimada controlada sobre algumas propriedades químicas do solo em um povoamento de Pinus taeda no município de Sengés PR*. Floresta. Vol. 27, p59-70.1997
- 31.** Narayan, C., et al. *Potential for CO2 emissions mitigation in Europe through prescribed burning in the context of the Kyoto Protocol*. Vila Real : Forest Ecology and Management. Vol. 251, p164-173. 2007
- 32.** Carvalho, A.; Martins, V.; Miranda, A. I. e Borrego, C. *Forest fire emissions under climate change: an air quality perspective*. CESAM & Department of Environment and Planning, University of Aveiro. Wildfire2007. Sevilha, Espanha. 2007
- 33.** Olmo, E. V. G. del; Martín, J. P. e Carracedo, M. H. *Cálculo de las Emisiones de CO2 por los Incendios de 2006 en la Provincia de Pontevedra (Galicia)*. Universidad de Vigo E.U.E.T. Forestal. Wildfire2007. Sevilha, Espanha. 2007
- 34.** Athanasopoulos, N. *Flame Methods Manual for Atomic Absorption*. GBS Scientific equipment Pty Lda. Australia
- 35.** LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Documentação Normativa. *Solos- determinação do pH*. Vol. E 203. Outubro 1967
- 36.** NP 84: 1967 (ed 1). *Solos - Determinação do teor em água*. IPQ.1967
- 37.** Walkley, A. e Black, I.A. *Soil Sci*. Vols. 29-37. 1934
- 38.** LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Documentação Normativa. *Solos - Determinação do teor em matéria orgânica*. Vol. E 201. Outubro 1967
- 39.** Carter, M. R. e Gregorich, E.G. *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Canadian Society of Soil Science. Canada. 2ª Edição. 2008
- 40.** Miller, J. N. e Miller, J. C. *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*. Prentice Hall. 4ª Edição. 2000
- 41.** Neto, J. G. *Influência da Queima Controlada na Concentração de Elementos Químicos no Solo em Povoamentos de Pinus spp, na Região de Sacramento, MG*. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. Vol. 1, 134p. 1994

6 Nomenclatura

a	Ordenada na origem
b	Declive da curva de calibração
C	Concentração em mol/L
C_{lida}	Concentração lida na absorção atómica em mg/L
C_{real}	Concentração real calculada em mg/Kg de solo
D270	270 dias após o fogo controlado
D360	360 dias após o fogo controlado
fCO	Percentagem de carbono orgânico
LD	Limite de detecção
TNMO	Teor natural de matéria orgânica em %
V	Volume em L
V_f	Volume final da titulação em mL
V_i	Volume inicial da titulação
n	Número de moles em mol

7 Anexos

Anexo I

Exemplo de cálculo

– **Preparação de solução de dicromato de potássio**

$$m = 9,890\text{g} \quad M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 294,19 \text{ g/mol} \quad V = 0,100\text{L} \quad M = m/n$$

$$n = 0,989/294,19 = 0,003362 \text{ mol}$$

$$C = n/V = 0,003362/0,100 = 0,03362 \text{ mol/L}$$

– **Determinação de SFA**

$$C(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,03362 \text{ g/mol} \quad V(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,010 \text{ L} \quad V(\text{FeSO}_4) = 0,0057\text{L}$$

$$n(\text{FeSO}_4) / n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 6/1 \Leftrightarrow n(\text{FeSO}_4) = 0,03362 \times 0,010 \times 6 = 2,017 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$C(\text{FeSO}_4) = 2,017/5,7 = 0,3538 \text{ mol/L}$$

– **Determinação da concentração de Fe, Ca, Mg, Na, K**

$$C(\text{Fe}_{\text{real}}) = C_{\text{lida}} \times F_{\text{diluição}} \times V / (\text{massa}/1000)$$

$$C(\text{Fe}_{\text{real}}) = (8,695 \times 32 \times 0,1) / (4,017/1000) = 6927 \text{ mg/Kg}$$

– **Determinação da % da fracção de carbono orgânico**

$$\% \text{ fCO} = (V_b - V_a) \times C_{\text{SFA}} \times 0,003 \times 100 / m = (27,35 - 24,60) \times 0,3788 \times 0,3 / 0,025 = 12,50\%$$

– **Determinação da % do Teor Natural de Matéria Orgânica**

$$\% \text{ TNMO} = \% \text{ fCO} \times 1,724 = 12,50 \times 1,724 = 21,55\%$$

Anexo II

Desenvolvimento Analítico Fe

Os padrões foram preparados por diluição de uma solução padrão mãe com uma concentração de 1000ppm.

Tabela 16: Valores usados para a construção da curva de calibração para a determinação de Fe

Concentração (mg/L)	Absorvância
2	0.090
5	0.219
7	0.297
9	0.374
10	0.402

Para o estudo da linearidade foram calculados os parâmetros seguidamente indicados (Miller 2000) [40]:

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum_i (y_i - y_{cal})^2}{n - 2}}$$

$S_{y/x}$ – parâmetro estatístico

y_i – valores das áreas obtidos exponencialmente

y_{cal} – valores de áreas calculados, para cada valor de x com base no ajuste linear

n – nº pontos experimentais

O desvio padrão do declive S_b foi calculado segundo a seguinte expressão:

$$S_b = \frac{S_{y/x}}{\sqrt{\sum_i (x_i - x_{médio})^2}}$$

x_i – valor da concentração do padrão

$x_{médio}$ – valor médio da concentração

O desvio padrão da ordenada na origem foi calculado segundo a seguinte expressão:

$$S_a = S_{y/x} \times \sqrt{\frac{\sum_i x_i^2}{n \times \sum_i (x_i - x_{médio})^2}}$$

Os intervalos de confiança do declive e da ordenada na origem foram determinados de acordo com:

$$IC = t * S_b$$

$$IC = t * S_a$$

Onde t é o valor da distribuição t-student para um nível de confiança de 95%.

Tabela 17: Cálculos dos valores médios necessários para a determinação dos parâmetros de linearidade do Fe

Recta do ajuste : $y=0.039x+0.017$					a	b		
$R^2 = 0.997$					0.017	0.039		
n (nº pontos)	xi	xi ²	xmédio	(xi-xm) ²	yi	y _{calc}	ymédio	(yi-y _{calc}) ²
5	2	4	6.6	21.16	0.090	0.095	0.276	0.000025
	5	25		2.56	0.219	0.212		4.9E-05
	7	49		0.16	0.297	0.29		4.9E-05
	9	81		5.76	0.374	0.368		3.6E-05
	10	100		11.56	0.402	0.407		0.000025
Soma		259		41.20				0.0001840

Parâmetros para o estudo da linearidade

$$S_{y/x} = 0.00783$$

$$S_b = 0.00122$$

$$S_a = 0.00878$$

Intervalos de confiança para o declive e a ordenada na origem para um nível de confiança a 95%

$$IC_{\text{declive}} = 0.00116$$

$$IC_{\text{ordenada}} = 0.00834$$

O limite de detecção foi calculado da seguinte forma:

$$LD = (3 * S_{y/x}) / b$$

$$LD = 3 * 0.00783 / 0.039 = 0.60 \text{ mg/L}$$

K

Tabela 18: Cálculos dos valores médios necessários para a determinação dos parâmetros de linearidade do K

Recta do ajuste : $y=0.190x+0.008$
$R^2 = 0.999$

a	b
0.008	0.19

n (nº pontos)	xi	xi ²	xmédio	(xi-xm) ²	yi	ycalc	ymédio	(yi-ycalc) ²
5	0.3	0.090	1.060	0.5776	0.066	0.0650	0.211	1.00E-06
	0.5	0.250		0.3136	0.099	0.1030		1.60E-05
	1	1.000		0.0036	0.205	0.1980		4.90E-05
	1.5	2.250		0.1936	0.296	0.2930		9.00E-06
	2	4.000		0.8836	0.387	0.3880		1.00E-06
Soma		8		1.97				7.600E-05

Sy/x	Sb	Sa
0.005033223	0.003584	0.004416

LD
0.079

Sb/b	a-tSa	a+tSa
1.89	0.0038	0.0122

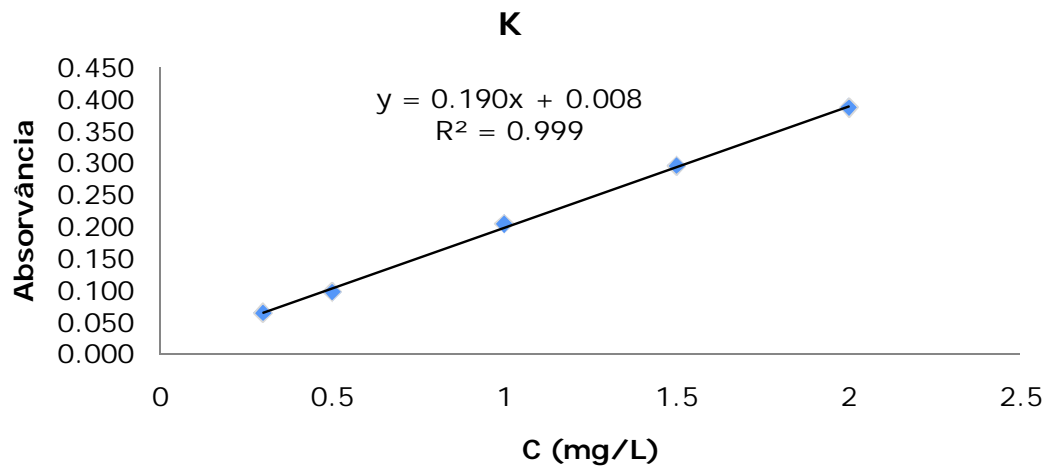


Figura 45: Curva de calibração do K para o intervalo de concentrações compreendido entre 0.3mg/L e 2mg/L

Mg
Tabela 19: Cálculos dos valores médios necessários para a determinação dos parâmetros de linearidade do Mg

Recta do ajuste : $y=0.852x+0.022$
$R^2 = 0.995$

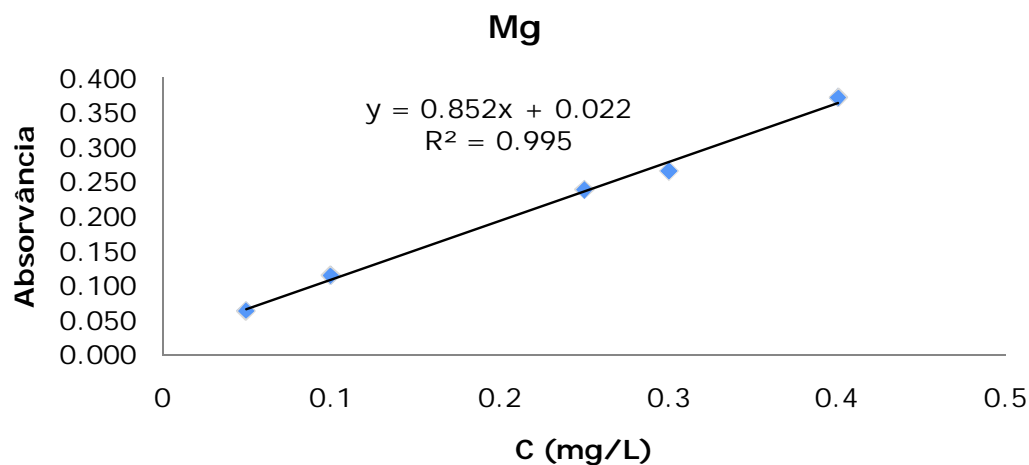
a	b
0.022	0.852

n (nº pontos)	xi	xi ²	xmédio	(xi-xm) ²	yi	ycalc	ymédio	(yi-ycalc) ²
5	0.05	0.0025	0.220	0.0289	0.063	0.0646	0.210	2.56E-06
	0.1	0.0100		0.0144	0.114	0.1072		4.62E-05
	0.25	0.0625		0.0009	0.238	0.2350		9.00E-06
	0.3	0.0900		0.0064	0.265	0.2776		1.59E-04
	0.4	0.1600		0.0324	0.371	0.3628		6.72E-05
Soma		0.325		0.0830				2.838E-04

Sy/x	Sb	Sa
0.009726253	0.03376	0.008607

LD
0.034

Sb/b	a-tSa	a+tSa
3.96	0.0138	0.0302


Figura 46: Curva de calibração do Mg para o intervalo de concentrações compreendido entre 0.05mg/L e 0.4mg/L

Ca

Tabela 20: Cálculos dos valores médios necessários para a determinação dos parâmetros de linearidade do Ca

Recta do ajuste : $y=0.035x+0.003$
$R^2 = 0.998$

a	b
0.009	0.032

n (nº pontos)	xi	xi ²	xmédio	(xi-xm) ²	yi	y _{calc}	ymédio	(yi-y _{calc}) ²
5	1	1	2.300	1.69	0.039	0.0380	0.085	1.00E-06
	1.5	2.25		0.64	0.057	0.0510		3.60E-05
	2	4		0.09	0.075	0.0670		6.40E-05
	3	9		0.49	0.106	0.0990		4.90E-05
	4	16		2.89	0.146	0.1310		2.25E-04
Soma		32.25		5.80				3.750E-04

Sy/x	Sb	Sa
0.01118034	0.004642	0.011179

LD
0.958

Sb/b	a-tSa	a+tSa
13.26	-0.0082	0.0142

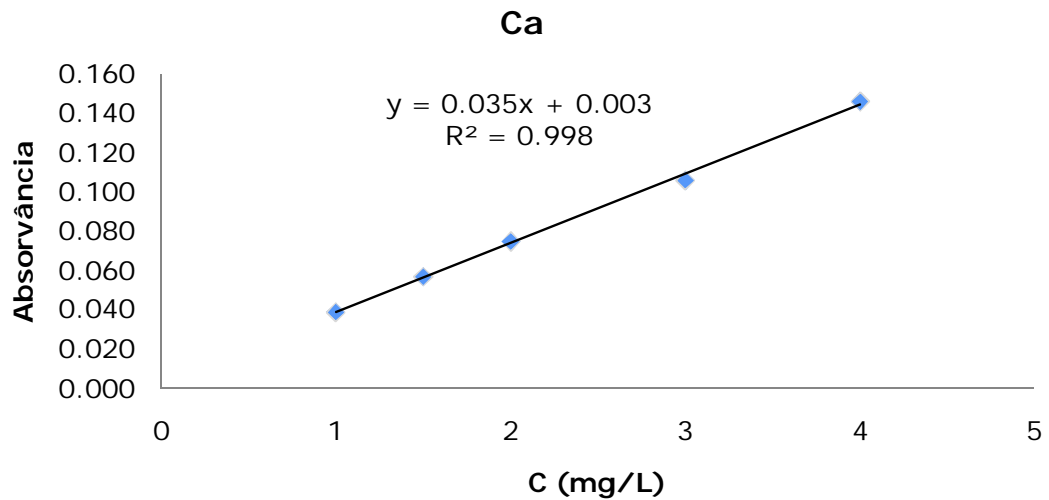


Figura 47: Curva de calibração do Ca para o intervalo de concentrações compreendido entre 1mg/L e 4mg/L

Anexo III

Caminha

Tabela 21: Valores de pH nos vários pontos e profundidades ao longo do tempo relativos a Caminha

Amostra	0	1	30	90	270	360
1.3	5.35	6.65	6.40	6.95	4.60	4.27
1.6	4.87	6.30	6.15	6.65	4.45	4.27
1.18	4.92	6.35	5.90	7.53	4.48	4.22
2.3	5.79	6.47	6.38	6.85	4.56	4.18
2.6	5.50	6.40	6.08	5.87	4.37	4.10
2.18	5.35	6.25	6.00	6.23	4.18	4.01
3.3	4.86	6.45	6.15	7.66	4.56	4.17
3.6	4.85	6.20	6.06	7.43	4.57	4.10
3.18	4.81	6.10	5.73	6.72	4.36	4.09
4.3	4.88	6.05	5.91	8.33	4.54	4.16
4.6	5.87	6.15	5.77	7.13	4.50	4.08
4.18	5.86	5.86	5.64	7.74	4.51	4.00
5.3	5.81	6.75	5.84	7.35	4.44	3.96
5.6	5.70	6.30	5.28	6.55	4.55	4.00
5.18	5.84	5.99	5.41	6.20	4.57	4.02

Tabela 22: Valores do teor de Humidade em % nos diferentes pontos de amostragem e profundidades ao longo do tempo relativos a Caminha

Amostra	0	1	30	90	270	360
1.3	42.30	26.90	45.80	39.60	29.60	19.47
1.6	41.70	14.50	42.10	42.50	27.54	21.15
1.18	44.70	18.40	49.40	44.90	28.50	23.99
2.3	27.80	23.60	34.60	14.90	25.47	15.30
2.6	21.00	19.60	26.20	18.30	21.32	19.90
2.18	21.10	18.20	22.60	17.90	24.35	26.33
3.3	25.60	24.80	31.50	14.40	37.90	17.15
3.6	20.10	24.10	26.80	15.20	30.65	20.48
3.18	16.20	24.90	24.50	26.00	29.98	22.72
4.3	29.60	25.10	34.90	19.80	45.59	12.72
4.6	22.60	32.60	29.60	24.40	39.61	17.86
4.18	19.90	29.40	27.40	21.40	36.29	19.70
5.3	20.70	14.00	24.50	12.10	33.72	27.06
5.6	22.30	16.40	26.70	16.10	26.74	28.87
5.18	14.60	18.10	21.80	16.40	28.39	29.91

Tabela 23: Valores do teor de matéria orgânica em %, nos diferentes pontos de amostragem e profundidades ao longo do tempo relativos a Caminha

Amostra	0	1	30	90	270	360
1.3	3.28	0.93	11.49	17.08	7.30	12.40
1.6	6.17	1.03	9.77	20.97	6.78	8.92
1.18	9.48	1.18	18.38	34.75	7.44	8.73
2.3	16.0	7.41	21.65	23.40	12.57	13.71
2.6	19.0	7.93	20.06	26.10	4.94	11.34
2.18	4.63	7.21	15.50	18.84	5.68	9.01
3.3	19.90	9.14	17.40	23.16	13.45	10.65
3.6	16.66	9.65	13.82	17.86	9.16	11.76
3.18	18.55	8.93	21.89	21.01	5.39	8.47
4.3	18.67	10.86	26.13	31.99	14.38	12.30
4.6	19.89	11.38	24.13	18.24	6.58	9.35
4.18	18.76	10.65	16.04	27.22	6.16	11.40
5.3	9.86	0.10	22.31	19.09	13.83	11.90
5.6	11.17	0.10	18.12	22.44	4.19	13.82
5.18	10.32	0.10	15.73	18.62	8.24	13.30

Tabela 24: Valores do teor total de Fe em mg/L, nos diferentes pontos de amostragem e profundidades ao longo do tempo relativos a Caminha

Amostra	0	1	30	90	270	360
1.3	12348	24692	37731	42715	24547	13908
1.6	18782	41642	72712	44870	15897	13739
1.18	20298	21140	48419	47368	19445	14348
2.3	11652	20681	40979	19683	19213	15762
2.6	12816	37562	22290	17625	18675	16279
2.18	22782	27078	39922	28197	17423	16452
3.3	20749	45678	30584	24591	17214	20802
3.6	18586	27207	41667	22700	24874	21781
3.18	38514	42943	24967	39054	21505	21313
4.3	34979	23698	21198	17332	20208	19152
4.6	24887	44214	23793	27579	18536	19252
4.18	27840	29958	28581	27290	19396	19830
5.3	20776	41105	29603	32537	13675	14890
5.6	31306	23505	25307	25924	13558	15244
5.18	34997	40842	30627	22069	15084	14948

Tabela 25: Valores intermédios para a determinação do teor de matéria orgânica para a recolha D270 relativamente a Caminha

Amostra	m (g)	Vi	Vf	ΔV	%TNMO	Concentração SFA (mol/L)
C5.6	0.075	13.40	35.80	22.40	5.72	0.3933
Branco		0.60	25.10	24.50		
SFA				5.10		
C4.3	0.055	23.90	40.70	16.80	26.43	0.4012
C4.6	0.063	29.50	50.00	20.50	10.90	
C4.18	0.064	19.60	40.40	20.80	9.67	
Branco		2.50	26.30	23.80		
SFA				5.00		
C3.3	0.067	0.60	20.30	19.70	21.66	0.4012
C3.18	0.070	0.50	24.60	24.10	7.70	
Branco		1.00	27.70	26.70		
SFA		35.90	40.90	5.00		
C2.3	0.078	0.00	19.60	19.60	16.86	0.4012
C2.6	0.083	23.00	46.40	23.40	6.28	
C2.18	0.080	0.00	23.00	23.00	7.50	
Branco		0.10	26.00	25.90		
SFA				5.00		
C1.3	0.076	15.60	37.70	22.10	10.37	0.4012
C1.18	0.076	20.40	42.50	22.10	10.40	
Branco		1.10	27.00	25.90		
SFA				5.00		
C5.18	0.083	2.10	24.00	21.90	11.51	0.3933
Branco		2.80	29.40	26.60		
SFA				5.10		
C5.3	0.068	21.30	40.70	19.40	20.87	
C3.6	0.083	20.00	40.90	20.90	13.21	
C1.6	0.075	18.30	41.10	22.8	9.36	
Branco		2.30	28.50	26.20		
SFA				5.00		

Tabela 26: Valores intermédios para a determinação do teor de matéria orgânica para a recolha D360 relativamente a Caminha

Amostra	m (g)	Vi (mL)	Vf (mL)	ΔV	%TNMO	Concentração SFA (mol/L)
5.3	0.114	4.10	22.30	18.20	11.90	0.3857
5.6	0.114	19.90	37.00	17.10	13.82	
5.18	0.105	2.10	20.10	18.00	13.30	
4.18	0.105	20.20	39.20	19.00	11.40	
Branco SFA		1.70	26.70	25.00		
				5.20		
3.18	0.108	23.00	48.00	25.00	8.47	0.3847
3.6	0.110	0.80	23.90	23.10	11.76	
Branco		5.60	35.20	29.60		
SFA				5.20		
2.18	0.106	14.00	34.10	20.10	9.01	0.3847
2.6	0.100	0.10	19.30	19.20	11.34	
2.3	0.103	19.30	37.10	17.80	13.71	
Branco		4.20	29.10	24.90		
SFA				5.20		
1.18	0.104	1.00	21.60	20.60	8.73	0.4082
1.6	0.116	0.00	20.00	20.00	8.92	
1.3	0.109	21.60	40.10	18.50	12.40	
1.pá	0.110	20.00	41.00	21.00	7.49	
Branco SFA		1.60	26.50	24.90		
				4.90		
4.3	0.115	15.20	36.70	21.50	12.30	0.4082
4.6	0.122	0.20	23.00	22.80	9.35	
3.3	0.119	22.40	44.60	22.20	10.65	
Branco		2.20	30.40	28.20		
SFA				4.9		

Tabela 27: Valores intermédios para a determinação do teor total de Fe para a recolha D270 relativamente a Caminha

Amostra	m (g)	V i (L)	Factor diluição	C_{lida} (mg/L)	C_{real} (mg/L)
1.3	2.822	0.1	80	8.660	24547
1.6	2.934	0.1	50	9.328	15897
1.18	2.914	0.1	62.5	9.067	19445
2.3	2.988	0.1	62.5	9.185	19213
2.6	3.159	0.1	62.5	9.439	18675
2.18	3.027	0.1	50	10.547	17423
3.3	2.489	0.1	50	8.569	17214
3.6	2.795	0.1	80	8.692	24874
3.18	2.861	0.1	62.5	9.844	21505
4.3	2.179	0.1	50	8.805	20208
4.6	2.433	0.1	50	9.018	18536
4.18	2.592	0.1	50	10.054	19396
5.3	2.651	0.1	50	7.251	13675
5.6	2.941	0.1	50	7.976	13558
5.18	2.867	0.1	50	8.650	15084

Tabela 28: Valores intermédios para a determinação do teor total de Fe para a recolha D360 relativamente a Caminha

Amostra	m (g)	V i (L)	Factor diluição	C_{lida} mg/L	C_{real} (mg/L)
1.3	4.011	0.1	80	6.973	13908
1.6	4.048	0.1	80	6.952	13739
1.18	4.029	0.1	80	7.226	14348
2.3	4.026	0.1	80	7.932	15762
2.6	4.043	0.1	80	8.227	16279
2.18	4.088	0.1	80	8.407	16452
3.3	4.023	0.1	80	10.461	20802
3.6	3.915	0.1	80	10.659	21781
3.18	3.903	0.1	80	10.398	21313
4.3	4.040	0.1	80	9.672	19152
4.6	3.975	0.1	80	9.566	19252
4.18	3.969	0.1	80	9.838	19830
5.3	3.979	0.1	80	7.406	14890
5.6	4.000	0.1	80	7.622	15244
5.18	4.006	0.1	80	7.485	14948

Serra da Cabreira
Tabela 29: Valores de pH dos diferentes pontos de amostragem, ao longo do tempo relativos à serra da Cabreira

Amostra	0	1	125	196
1	5.20	4.52	4.30	4.25
2	4.74	4.25	4.47	3.93
3	3.89	3.89	4.27	3.63
4	4.07	3.67	4.29	4.11
5	3.64	3.69	3.75	3.60
6	3.73	3.90	4.46	4.80
7	3.96	3.91	3.94	4.51
8	4.37	3.74	4.63	3.83
9	3.41	3.47	3.80	3.45
10	3.93	3.87	3.87	3.51
11	3.65	3.60	4.23	3.45
12	3.90	4.19	4.34	3.99
13	3.63	3.84	4.34	4.05
14	3.66	4.39	4.32	4.37
15	3.85	4.59	4.54	3.59
16	3.82	3.77	4.51	3.72
17	4.45	4.23	4.31	4.06
18	4.40	3.66	4.08	3.99
19	3.74	4.44	4.56	4.27
20	4.28	4.52	4.64	4.11

Tabela 30: Teores de humidade em % para os diferentes pontos de amostragem, ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira

Amostra	0	1	125	196
1	27.24	18.90	18.64	24.59
2	29.63	26.74	19.84	23.85
3	35.67	15.97	13.79	32.00
4	21.38	18.29	9.48	25.61
5	23.19	25.78	18.88	20.99
6	22.74	12.79	18.00	26.09
7	19.30	20.85	23.34	28.50
8	22.89	21.02	23.94	17.79
9	26.84	17.60	15.41	24.87
10	22.23	23.47	10.38	22.84
11	20.41	19.62	6.24	30.96
12	16.54	16.88	28.06	32.42
13	22.47	10.02	16.57	26.90
14	22.13	18.74	20.73	28.01
15	20.95	23.26	17.79	5.71
16	21.74	22.51	8.37	20.71
17	18.92	16.17	5.94	26.79
18	12.45	30.80	16.78	20.41
19	29.03	27.75	6.59	18.68
20	22.87	27.44	25.34	18.82

Tabela 31: Teores de matéria orgânica em % para os diferentes pontos amostrais, ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira

Amostra	0	1	125	196
1	14.44	10.03	24.14	10.54
2	13.03	11.26	7.99	14.81
3	23.85	24.08	5.31	18.12
4	23.78	22.61	13.50	9.32
5	24.05	7.30	12.01	9.39
6	10.24	17.92	15.02	14.57
7	18.11	24.48	27.05	8.68
8	9.83	10.63	13.29	12.17
9	19.34	25.08	22.32	8.99
10	18.43	15.98	15.12	11.87
11	2.12	13.25	25.85	13.91
12	5.61	1.22	7.89	21.27
13	10.62	17.03	12.54	11.65
14	29.83	8.73	23.79	11.85
15	10.98	24.48	13.39	3.67
16	15.66	15.51	15.67	9.48
17	8.14	22.88	14.48	15.65
18	8.43	16.15	16.07	12.59
19	33.27	16.21	37.57	10.03
20	13.28	24.91	8.49	12.64

Tabela 32: Teores totais de Fe em mg/L nos diferentes pontos amostrais, ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira

Amostra	0	1	125	196
1	2487	3342	3453	3626
2	1639	3273	4783	3449
3	7541	3802	4791	3415
4	3889	1167	4597	2633
5	4321	3369	2890	4687
6	2495	3450	2266	3306
7	2192	4135	4119	3228
8	3011	2977	3739	1996
9	2990	2381	3722	4269
10	3123	5326	2650	5416
11	2581	4326	4686	5936
12	4451	2503	2810	4966
13	2403	2514	2414	3722
14	5033	2791	3702	5321
15	4178	7925	3092	5640
16	5486	5471	4045	5530
17	3513	5682	5815	4826
18	5536	5463	5521	5744
19	4979	4716	8504	5616
20	4973	7847	3114	5981

Tabela 33: Teores totais de Mg em mg/L em cada ponto de amostragem, ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira

Amostra	0	1	125	196
1	26	40	127	209
2	12	58	186	237
3	218	198	130	235
4	70	57	125	177
5	201	133	134	193
6	124	59	104	88
7	95	97	79	92
8	128	99	212	110
9	137	108	121	169
10	87	120	198	259
11	48	235	176	222
12	156	77	143	269
13	123	84	91	141
14	99	60	194	237
15	227	311	133	211
16	368	331	90	200
17	130	240	131	245
18	316	180	91	259
19	352	289	74	259
20	332	274	370	228

Tabela 34: Teores totais de K em cada ponto de amostragem, ao longo do tempo relativos à Serra da Cabreira

Amostra	0	1	125	196
1	906	553	731	536
2	527	716	818	701
3	986	458	698	526
4	542	233	668	603
5	541	482	707	1029
6	447	1194	511	521
7	303	645	529	492
8	419	318	790	329
9	679	405	614	666
10	989	883	723	801
11	845	645	984	867
12	725	595	633	801
13	383	316	888	867
14	394	872	777	877
15	522	537	666	1049
16	907	1021	668	1043
17	690	520	644	614
18	1083	576	571	593
19	754	539	537	670
20	748	603	792	576

Tabela 35: Valores intermédios da determinação do teor de matéria orgânica para a recolha efectuada logo após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

Amostra	m (g)	Vi	Vf	ΔV	%TNMO	Concentração SFA (mg/L)
A1	0.076	0.00	22.70	22.70	14.44	0.3522
Branco		2.30	31.00	28.70		
SFA		35.90	41.60	5.70		
A2	0.072	0.10	23.10	23.00	13.03	0.3478
A3	0.066	23.10	42.60	19.50	23.85	
A4	0.079	1.00	18.70	17.70	23.78	
Branco		1.80	30.00	28.20		
SFA		19.30	25.10	5.80		
A5	0.078	22.00	31.70	9.70	24.05	0.3879
A6	0.080	31.70	46.60	14.90	10.24	
Branco		3.00	22.00	19.00		
SFA		28.50	33.70	5.20		
A7	0.085	23.90	38.90	15.00	18.11	0.3955
A8	0.083	0.30	18.80	18.50	9.83	
A9	0.078	18.80	33.90	15.10	19.34	
Branco		0.10	22.60	22.50		
SFA		34.20	39.30	5.10		
A10	0.081	0.30	16.40	16.10	18.43	0.4117
Branco		1.90	25.00	23.10		
SFA		16.50	21.40	4.90		
A11	0.080	23.20	44.10	20.90	2.12	0.4117
A12	0.083	0.20	19.70	19.50	5.61	
A13	0.082	19.70	37.30	17.60	10.62	
Branco		1.50	23.20	21.70		
SFA		38.00	42.90	4.90		
A14	0.077	21.70	35.40	13.70	29.83	0.4117
A15	0.081	1.00	21.30	20.30	10.98	
A16	0.077	21.30	40.10	18.80	15.66	
Branco		2.30	26.80	24.50		
SFA		1.10	6.00	4.90		
A17	0.081	0.00	21.40	21.40	6.95	0.4034
A18	0.088	21.40	42.40	21.00	7.31	
Branco		4.30	28.40	24.10		
SFA		36.00	41.00	5.00		
A19	0.072	8.80	21.80	13.00	33.27	0.4117
A20	0.082	21.80	40.90	19.10	13.28	
Branco		0.90	25.10	24.20		
SFA		40.90	45.80	4.90		

Tabela 36: Valores intermédios da determinação do teor de matéria orgânica para a recolha efectuada antes o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

Amostra	m (g)	Vi	Vf	ΔV	%TNMO	Concentração SFA (mol/L)
B1	0.084	22.70	46.80	24.10	10.03	0.3522
Branco		2.30	31.00	28.70		
SFA		35.90	41.60	5.70		
B2	0.080	18.70	41.90	23.20	11.26	0.3478
B3	0.087	0.50	17.00	16.50	24.08	
Branco		1.80	30.00	28.20		
SFA		19.30	25.10	5.80		
B4	0.083	0.90	10.60	9.70	22.61	0.3879
B5	0.074	10.60	26.90	16.30	7.30	
B6	0.091	26.90	37.80	10.90	17.92	
Branco		3.00	22.00	19.00		
SFA		28.50	33.70	5.20		
B7	0.079	24.00	38.00	14.00	24.48	0.4117
B8	0.082	6.00	25.00	19.00	10.63	
B9	0.084	25.10	38.30	13.20	25.08	
B10	0.077	38.30	55.60	17.30	15.98	
Branco		1.90	25.00	23.10		
SFA		16.50	21.40	4.90		
B11	0.082	0.20	16.80	16.60	13.25	0.4117
B12	0.087	16.80	38.00	21.20	1.22	
Branco		1.50	23.20	21.70		
SFA		38.00	42.90	4.90		
B13	0.096	26.80	43.60	16.80	17.03	0.4117
B14	0.088	0.80	21.70	20.90	8.73	
Branco		2.30	26.80	24.50		
SFA		1.10	6.00	4.90		
B15	0.078	28.40	43.90	15.50	22.93	0.4034
B16	0.078	1.80	20.60	18.80	14.13	
B17	0.085	20.60	36.00	15.40	21.44	
Branco		4.30	28.40	24.10		
SFA		36.00	41.00	5.00		
B18	0.070	24.50	43.40	18.90	16.15	0.4117
B19	0.072	0.10	18.80	18.70	16.21	
B20	0.077	22.20	37.40	15.20	24.91	
Branco		0.90	25.10	24.20		
SFA		40.90	45.80	4.90		

Tabela 37: Valores intermédios da determinação do teor de matéria orgânica para a recolha efectuada 125 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

Amostra	m (g)	Vi	Vf	ΔV	%TNMO	Concentração SFA (mol/L)
20	0.117	0.30	23.70	23.40	8.49	0.4001
19	0.114	29.30	36.80	7.50	37.57	
18	0.112	23.70	43.20	19.50	16.07	
17	0.110	0.00	20.50	20.50	14.48	
16	0.103	20.90	41.30	20.40	15.67	
Branco SFA		1.10	29.30	28.20		
15	0.103	0.60	19.70	19.10	13.39	0.3922
14	0.110	19.70	32.70	13.00	23.79	
13	0.110	0.10	19.20	19.10	12.54	
12	0.126	19.20	40.20	21.00	7.89	
11	0.124	25.00	35.10	10.10	25.85	
Branco SFA		8.00	33.90	25.90		
10	0.102	2.90	22.20	19.30	15.12	0.3922
9	0.130	0.10	12.70	12.60	22.32	
8	0.116	12.70	32.00	19.30	13.29	
7	0.111	0.30	12.40	12.10	27.05	
6	0.127	14.60	32.10	17.50	15.02	
Branco SFA		4.80	31.70	26.90		
5	0.112	0.40	21.10	20.70	12.01	0.4001
4	0.118	21.10	40.60	19.50	13.50	
3	0.117	1.40	25.60	24.20	5.31	
2	0.114	18.10	40.90	22.80	7.99	
1	0.108	25.60	40.20	14.60	24.14	
Branco SFA		4.90	32.10	27.20		

Tabela 38: Valores intermédios para a determinação do teor de matéria orgânica para a recolha efectuada 196 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

Amostra	m (g)	Vi	Vf	ΔV	%TNMO	Concentração SFA (mol/L)
1	0.095	21.00	36.00	15.00	10.54	0.4034
2	0.100	0.20	12.90	12.70	14.81	
3	0.114	12.90	22.80	9.90	18.12	
4	0.103	23.20	38.40	15.20	9.32	
5	0.120	26.30	40.70	14.40	9.39	
Branco SFA		1.20	21.00	19.80	5.00	
6	0.116	1.00	12.40	11.40	14.57	0.4034
7	0.113	13.30	28.10	14.80	8.68	
8	0.120	28.10	40.60	12.50	12.17	
9	0.130	9.90	23.80	13.90	8.99	
10	0.116	23.80	36.70	12.90	11.87	
Branco SFA		6.90	26.40	19.50	1.90	
11	0.102	21.70	34.90	13.20	13.91	0.4034
12	0.104	0.50	9.90	9.40	21.27	
13	0.111	9.90	23.70	13.80	11.65	
14	0.118	23.70	37.00	13.30	11.85	
15	0.108	28.40	46.50	18.10	3.67	
Branco SFA		1.70	21.70	20.00	1.90	
16	0.110	2.00	25.00	23.00	9.48	0.3879
17	0.109	25.00	44.70	19.70	15.65	
18	0.110	1.00	22.30	21.30	12.59	
19	0.130	22.30	44.00	21.70	10.03	
20	0.119	29.30	50.00	20.70	12.64	
Branco SFA		2.40	30.60	28.20	43.10	
		43.10	48.30	5.20		

Tabela 39: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Fe para a recolha efectuada antes do fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

Amostra	m (g)	Factor diluição	C _{lida} (mg/L)	V (L)	C _{Real} (mg/Kg)
1	2.913	10	7.244	0.1	2487
2	2.817	10	4.618	0.1	1639
3	2.573	25	7.762	0.1	7541
4	3.162	25	4.919	0.1	3889
5	3.073	16	8.299	0.1	4321
6	3.094	10	7.721	0.1	2495
7	3.244	10	7.111	0.1	2192
8	3.112	10	9.369	0.1	3011
9	2.944	10	8.802	0.1	2990
10	3.114	10	9.724	0.1	3123
11	3.185	10	8.221	0.1	2581
12	3.338	25	5.944	0.1	4451
13	3.101	10	7.452	0.1	2403
14	3.114	25	6.269	0.1	5033
15	3.169	25	5.295	0.1	4178
16	3.133	32	5.371	0.1	5486
17	3.255	10	5.718	0.2	3513
18	3.529	32	6.106	0.1	5536
19	2.879	32	4.479	0.1	4979
20	3.085	32	4.795	0.1	4973

Tabela 40: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Fe para a recolha efectuada logo após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

Amostra	m (g)	Factor diluição	C _{lida} (mg/L)	V (L)	C _{Real} (mg/Kg)
1	3.254	25	4.35	0.1	3342
2	2.936	10	9.61	0.1	3273
3	3.370	25	5.125	0.1	3802
4	3.314	10	3.867	0.1	1167
5	2.974	10	10.018	0.1	3369
6	3.490	25	4.816	0.1	3450
7	3.177	25	5.254	0.1	4135
8	3.174	10	9.451	0.1	2977
9	3.326	10	7.919	0.1	2381
10	3.072	25	6.545	0.1	5326
11	3.217	25	5.566	0.1	4326
12	3.330	10	8.334	0.1	2503
13	3.607	10	9.067	0.1	2514
14	3.272	10	9.13	0.1	2791
15	3.075	32	7.615	0.1	7925
16	3.134	32	5.359	0.1	5471
17	3.365	25	7.648	0.1	5682
18	2.771	25	6.055	0.1	5463
19	2.901	25	5.472	0.1	4716
20	2.928	25	9.192	0.1	7847

Tabela 41: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Fe para a recolha efectuada 125 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

Amostra	m (g)	Factor diluição	C_{lida} (mg/L)	V (L)	C_{Real} (mg/Kg)
20	4.115	50	3.409	0.1	4142
19	3.982	50	2.480	0.1	3114
18	4.071	50	6.924	0.1	8504
17	4.073	50	4.497	0.1	5521
16	3.983	50	4.632	0.1	5815
15	4.04	50	3.268	0.1	4045
14	3.955	50	2.446	0.1	3092
13	4.023	50	2.979	0.1	3702
12	4.037	50	1.949	0.1	2414
11	3.957	50	2.224	0.1	2810
10	3.985	50	3.735	0.1	4686
9	3.971	50	2.105	0.1	2650
8	4.069	50	3.029	0.1	3722
7	4.008	50	2.997	0.1	3739
6	4.073	50	3.355	0.1	4119
5	4.009	50	1.817	0.1	2266
4	3.991	50	2.307	0.1	2890
3	4.035	50	3.710	0.1	4597
2	3.952	50	3.787	0.1	4791
1	4.077	50	3.900	0.1	4783

Tabela 42: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Fe para a recolha efectuada 196 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

Amostra	m (g)	Factor diluição	C_{lida} (mg/L)	V (L)	C_{Real} (mg/Kg)
20	4.092	25	9.789	0.1	5981
19	4.024	25	9.039	0.1	5616
18	4.045	25	9.294	0.1	5744
17	4.020	25	7.761	0.1	4826
16	3.899	25	8.624	0.1	5530
15	4.057	25	9.153	0.1	5640
14	3.835	32	6.377	0.1	5321
13	3.846	25	5.726	0.1	3722
12	3.841	32	5.961	0.1	4966
11	3.859	32	7.158	0.1	5936
10	3.814	25	8.263	0.1	5416
9	3.900	25	6.660	0.1	4269
8	3.910	25	3.122	0.1	1996
7	4.017	25	5.186	0.1	3228
6	3.885	25	5.138	0.1	3306
5	3.839	25	7.197	0.1	4687
4	3.908	25	4.116	0.1	2633
3	3.986	25	5.445	0.1	3415
2	3.966	25	5.472	0.1	3449
1	3.961	25	5.745	0.1	3626

Tabela 43: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Mg para a recolha efectuada antes do fogo controlado relativamente à Serra da Cabreir

Amostra	m (g)	Factor diluição	V (L)	C_{lida} (mg/L)	C_{Real} (mg/Kg)
1	2.913	10	0.1	0.076	26
2	2.817	1	0.1	0.336	12
3	2.573	16	0.1	0.350	218
4	3.162	10	0.1	0.220	70
5	3.073	16	0.1	0.386	201
6	3.094	10	0.1	0.383	124
7	3.244	10	0.1	0.308	95
8	3.112	10	0.1	0.399	128
9	2.944	10	0.1	0.404	137
10	3.114	10	0.1	0.271	87
11	3.185	10	0.1	0.153	48
12	3.338	16	0.1	0.326	156
13	3.101	10	0.1	0.380	123
14	3.114	10	0.1	0.307	99
15	3.169	25	0.1	0.288	227
16	3.133	32	0.1	0.360	368
17	3.255	10	0.2	0.211	130
18	3.529	32	0.1	0.349	316
19	2.879	32	0.1	0.317	352
20	3.085	32	0.1	0.320	332

Tabela 44: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Mg para a recolha efectuada logo após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

Amostra	m (g)	Factor diluição	V (L)	C_{lida} (mg/L)	C_{Real} (mg/Kg)
1	3.254	10	0.1	0.131	40
2	2.936	10	0.1	0.170	58
3	3.370	25	0.1	0.267	198
4	3.314	10	0.1	0.188	57
5	2.974	10	0.1	0.397	133
6	3.490	10	0.1	0.206	59
7	3.177	10	0.1	0.308	97
8	3.174	10	0.1	0.314	99
9	3.326	10	0.1	0.360	108
10	3.072	10	0.1	0.368	120
11	3.217	25	0.1	0.303	235
12	3.330	10	0.1	0.258	77
13	3.607	10	0.1	0.302	84
14	3.272	10	0.1	0.195	60
15	3.075	32	0.1	0.299	311
16	3.134	32	0.1	0.324	331
17	3.365	25	0.1	0.323	240
18	2.771	25	0.1	0.200	180
19	2.901	25	0.1	0.335	289
20	2.928	25	0.1	0.321	274

Tabela 45: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Mg para a recolha efectuada 125 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

Amostra	m (g)	Factor diluição	V (L)	C_{lida} (mg/L)	C_{Real} (mg/Kg)
20	4.115	32	0.1	0.130	101
19	3.982	50	0.1	0.295	370
18	4.071	32	0.1	0.094	74
17	4.073	32	0.1	0.116	91
16	3.983	50	0.1	0.104	131
15	4.04	32	0.1	0.113	90
14	3.955	50	0.1	0.105	133
13	4.023	50	0.1	0.156	194
12	4.037	20	0.1	0.183	91
11	3.957	50	0.1	0.113	143
10	3.985	50	0.1	0.140	176
9	3.971	50	0.1	0.157	198
8	4.069	32	0.1	0.154	121
7	4.008	50	0.1	0.170	212
6	4.073	32	0.1	0.101	79
5	4.009	32	0.1	0.130	104
4	3.991	50	0.1	0.107	134
3	4.035	50	0.1	0.101	125
2	3.952	32	0.1	0.160	130
1	4.077	50	0.1	0.152	186

Tabela 46: Valores intermédios da determinação dos teores totais de Mg para a recolha efectuada 196 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

Amostra	m (g)	Factor diluição	V (L)	C_{lida} (mg/L)	C_{Real} (mg/Kg)
20	4.092	25	0.1	0.374	228
19	4.024	25	0.1	0.417	259
18	4.045	25	0.1	0.419	259
17	4.020	25	0.1	0.394	245
16	3.899	25	0.1	0.312	200
15	4.057	25	0.1	0.343	211
14	3.835	32	0.1	0.284	237
13	3.846	25	0.1	0.217	141
12	3.841	32	0.1	0.323	269
11	3.859	32	0.1	0.268	222
10	3.814	25	0.1	0.395	259
9	3.900	25	0.1	0.263	169
8	3.910	25	0.1	0.172	110
7	4.017	25	0.1	0.148	92
6	3.885	25	0.1	0.137	88
5	3.839	25	0.1	0.296	193
4	3.908	25	0.1	0.276	177
3	3.986	25	0.1	0.374	235
2	3.966	25	0.1	0.376	237
1	3.961	25	0.1	0.331	209

Tabela 47: Valores intermédios da determinação dos teores totais de K para a recolha efectuada antes do fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

Amostra	m (g)	V (L)	Factor diluição	C _{lida} (mg/L)	C _{Real} (mg/Kg)
1	2.913	0.1	25	1.056	906
2	2.817	0.1	10	1.485	527
3	2.573	0.1	25	1.015	986
4	3.162	0.1	25	0.686	542
5	3.073	0.1	16	1.039	541
6	3.094	0.1	10	1.383	447
7	3.244	0.1	10	0.983	303
8	3.112	0.1	10	1.304	419
9	2.944	0.1	10	1.998	679
10	3.114	0.1	25	1.232	989
11	3.185	0.1	25	1.076	845
12	3.338	0.1	25	0.968	725
13	3.101	0.1	10	1.187	383
14	3.114	0.1	25	0.491	394
15	3.169	0.1	25	0.662	522
16	3.133	0.1	32	0.888	907
17	3.255	0.2	10	1.123	690
18	3.529	0.1	32	1.195	1083
19	2.879	0.1	32	0.678	754
20	3.085	0.1	32	0.721	748

Tabela 48: Valores intermédios da determinação dos teores totais de K para a recolha efectuada logo após o fogo controlado relativamente à Serra da cabreira

Amostra	m (g)	V (L)	Factor diluição	C _{lida} (mg/L)	C _{Real} (mg/Kg)
1	3.254	0.1	25	0.720	553
2	2.936	0.1	10	2.103	716
3	3.370	0.1	25	0.618	458
4	3.314	0.1	10	0.772	233
5	2.974	0.1	10	1.433	482
6	3.490	0.1	25	1.667	1194
7	3.177	0.1	25	0.820	645
8	3.174	0.1	10	1.008	318
9	3.326	0.1	10	1.346	405
10	3.072	0.1	25	1.085	883
11	3.217	0.1	25	0.830	645
12	3.330	0.1	25	0.792	595
13	3.607	0.1	10	1.138	316
14	3.272	0.1	25	1.141	872
15	3.075	0.1	32	0.516	537
16	3.134	0.1	32	1.000	1021
17	3.365	0.1	25	0.700	520
18	2.771	0.1	25	0.638	576
19	2.901	0.1	25	0.626	539
20	2.928	0.1	25	0.706	603

Tabela 49: Valores intermédios da determinação dos teores totais de K para a recolha efectuada 125 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

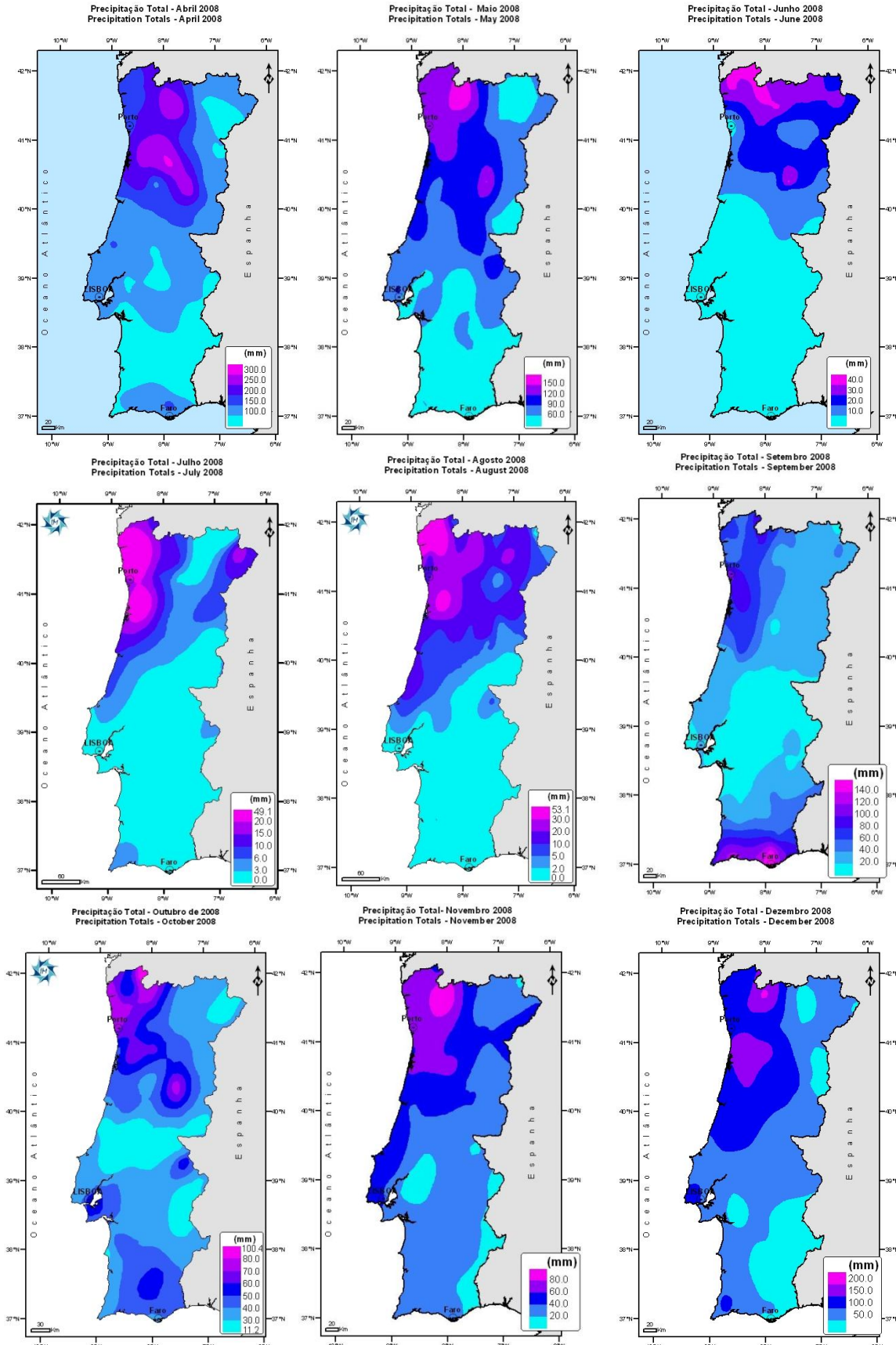
Amostra	m (g)	V (L)	Factor diluição	C _{lida} (mg/L)	C _{Real} (mg/Kg)
20	4.115	0.1	50	0.466	566
19	3.982	0.1	50	0.631	792
18	4.071	0.1	50	0.437	537
17	4.073	0.1	50	0.465	571
16	3.983	0.1	50	0.513	644
15	4.04	0.1	50	0.540	668
14	3.955	0.1	50	0.527	666
13	4.023	0.1	50	0.625	777
12	4.037	0.1	50	0.717	888
11	3.957	0.1	50	0.501	633
10	3.985	0.1	50	0.784	984
9	3.971	0.1	50	0.574	723
8	4.069	0.1	50	0.500	614
7	4.008	0.1	50	0.633	790
6	4.073	0.1	50	0.431	529
5	4.009	0.1	50	0.410	511
4	3.991	0.1	50	0.564	707
3	4.035	0.1	50	0.539	668
2	3.952	0.1	50	0.552	698
1	4.077	0.1	50	0.667	818

Tabela 50: Valores intermédios da determinação dos teores totais de K para a recolha efectuada 196 dias após o fogo controlado relativamente à Serra da Cabreira

Amostra	m (g)	V (L)	Factor diluição	C _{lida} (mg/L)	C _{Real} (mg/Kg)
20	4.092	0.1	25	0.942	576
19	4.024	0.1	25	1.079	670
18	4.045	0.1	25	0.959	593
17	4.020	0.1	25	0.987	614
16	3.899	0.1	25	1.626	1043
15	4.057	0.1	25	1.702	1049
14	3.835	0.1	25	1.346	877
13	3.846	0.1	25	1.302	846
12	3.841	0.1	25	1.231	801
11	3.859	0.1	25	1.339	867
10	3.814	0.1	25	1.238	811
9	3.900	0.1	25	1.039	666
8	3.910	0.1	25	0.515	329
7	4.017	0.1	25	0.790	492
6	3.885	0.1	25	0.810	521
5	3.839	0.1	25	1.580	1029
4	3.908	0.1	25	0.943	603
3	3.986	0.1	25	0.838	526
2	3.966	0.1	25	1.112	701
1	3.961	0.1	25	0.849	536

Anexo IV

Precipitação total (mm) 2008 [12]



Precipitação total (mm) 2009 [12]

