

# MANUAL TÉCNICO DO GRUPO OPERACIONAL **ECOMONTADO XXI** **— A AGROECOLOGIA** **APLICADA AO DESIGN** **DO MONTADO NOVO**



# 1.

## Caracterização geral do projeto

O Grupo Operacional “ECOMONTADO XXI – A Agroecologia aplicada ao design do Montado Novo, é um projeto que foi apoiado no âmbito do PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER, do Portugal 2020, no âmbito da Prioridade P4 – Restaurar, preservar e melhorar os ecossistemas ligados à agricultura e à silvicultura.

Este grupo operacional é liderado pela empresa agrícola Freixo do Meio em parceria com a Herdade da Machoqueira do Grou, o MED|UE – Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento da Universidade de Évora e a Associação de Produtores Florestais do concelho de Coruche e limítrofes (Figura 1).

Figura 1  
Entidades participantes no GO ECOMONTADO XXI.



O problema ao qual este GO tenta dar resposta é o da degradação do sistema silvo pastoril do Montado e dos solos que o suportam, situação agravada pelo impacto das alterações climáticas na região.

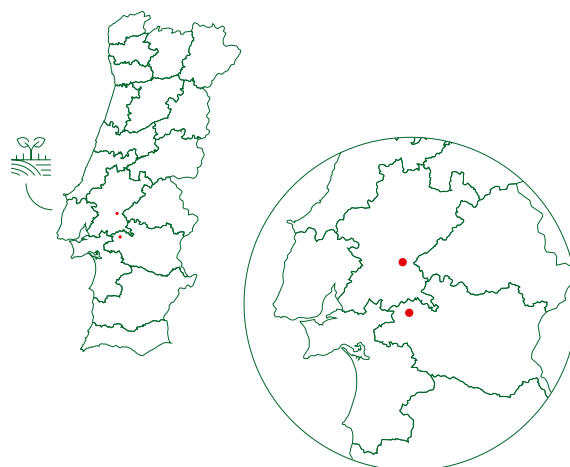
O Montado é um sistema silvo pastoril multifuncional e com elevado valor para a conservação [1, 2], mas que atualmente está sujeito a alguns fatores de pressão, nomeadamente o abandono e a intensificação por inadequada gestão do efetivo animal nas explorações [3, 4], entre outros fatores.

As alterações climáticas estão a causar eventos climáticos mais extremos, as secas estão a tornar-se mais frequentes, e as temperaturas mais elevadas, [5] que resultam na perda de matéria orgânica do solo, tornando os solos mais propensos à erosão. Isto leva à perda de fertilidade, tornando o sistema mais vulnerável à seca e menos capaz de suportar o estabelecimento de novas árvores. Como resposta a estas observações o Grupo Operacional ECOMONTADO XXI tentou desenvolver uma nova prática de gestão florestal para restaurar a vitalidade e produtividade dos solos do Montado, com base no sistema Keyline e na Agroecologia.

Este projecto teve também como objectivo monitorizar o impacto desta nova prática de gestão florestal nas condições do solo e na sua capacidade para suportar um novo sistema de Montado.

A principal atividade das duas empresas agrícolas parceiras do projeto consistiu na implementação desta nova prática de gestão florestal em diferentes parcelas com Montado degradado nas respetivas explorações. O facto de uma se localizar no concelho de Montemor-o-Novo (exploração A) e outra se localizar no concelho da Chamusca (exploração B) teve como objetivo comparar a implementação destas técnicas em condições distintas (Figura 2).

Figura 2  
Localização das explorações parceiras do projeto.



A principal atividade do MED – Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento da Universidade de Évora, consistiu na monitorização das atividades desenvolvidas nas duas explorações, bem como na divulgação do projeto.

Já à Associação de Produtores Florestais do Concelho de Coruche e Limítrofes, coube a tarefa de disseminação dos resultados junto dos produtores florestais e técnicos, bem como o apoio técnico na realização de tarefas operacionais nas explorações.

## 1.1. O Sistema Keyline

Trata-se de uma forma de planeamento desenvolvida nos anos 50 por um engenheiro de minas australiano – Percival Alfred Yeomans, com o objectivo de reabilitar solos agrícolas degradados, secos e sazonalmente sujeitos a fogos florestais. Este sistema tem como objetivo conservar a água da chuva que cai numa propriedade, distribuindo-a no interior do solo e conduzindo-a, progressivamente, das zonas de vale para as cristas. Desta forma pretende-se aumentar a taxa de infiltração enquanto se reduz o escoamento superficial e a taxa de evaporação, possibilitando uma melhoria da fertilidade e estrutura dos terrenos. Ao melhorar a distribuição da humidade no solo, a atividade biológica é promovida, o que deverá conduzir ao aumento do teor total da matéria orgânica.

O sistema Keyline é um sistema agrícola desenhado no terreno de acordo com a sua topografia e todas as atividades agrícolas e tem em conta a distribuição das culturas, a localização das barragens, as zonas de regadio, os caminhos, as construções e vedações, os quais deverão ser subordinados ao desenho definido.

Neste método, a Linha Chave ou Keyline é uma linha topográfica, em curva de nível, traçada usando como referência um ponto no terreno onde a água, ao descer, abranda abruptamente, resultando numa área de acumulação de água. Usando esta linha como referência, são traçadas linhas ligeiramente desniveladas (cerca de 1% em relação à Linha Chave), para redistribuição da água à superfície e/ou armazenamento da água em locais específicos. Desta forma, a água é distribuída no solo e progressivamente transportada do vale para as zonas de cumeada.

O desenho das Keylines é feito recorrendo a um arado de Yeomans (Figura 3), que abre sulcos no solo sem qualquer mobilização, de forma a não perturbar a vida do solo e a reduzir ao mínimo a taxa de mineralização da matéria orgânica. Os sulcos podem ter profundidades de 10 a 40 centímetros e vão sendo feitos com passagens sucessivas, em cada ano em zonas próximas do sulco anterior, de forma a criar solo e abrir espaço para as raízes das plantas se desenvolverem.

Figura 3  
Arado de Yeomans



© Yeomans Flow Co Pty Limited

Na Europa, devido à dificuldade em importar este equipamento da Austrália, utiliza-se com frequência um subsolador adaptado, conforme se pode observar na figura 4, com resultados muito semelhantes.

Figura 4  
Subsolador adaptado HE-VA



© Ana Fonseca

O sistema Keyline resulta num conjunto de linhas desniveladas cerca de 1% relativamente às curvas de nível, fazendo com que a água da chuva se redistribua, naturalmente, dos vales para as cristas. A inversão das camadas do solo não é praticada neste sistema, sendo contrária às práticas de construção da fertilidade do solo.

Neste sistema considera-se ainda errónea a crença de que a criação de solo é um processo infinitamente lento e que uma vez perdido não pode ser recuperado.

Este sistema é pensado para promover a retenção e redistribuição de água no solo, tanto horizontalmente como em profundidade, reduzindo as zonas de encharcamento e de baixa infiltração e promovendo a construção ativa do solo em áreas limpas ou com um baixo grau de coberto florestal para melhorar as condições de instalação de novas coberturas vegetais, incluindo hortícolas, pastagens melhoradas, aromáticas, ou árvores em diferentes sistemas agroflorestais.

Embora esta técnica tenha grande potencial para a gestão da água e melhoria do solo em áreas áridas, tem havido pouco acompanhamento por parte da academia. Os tempos de amostragem necessários para uma avaliação adequada destas técnicas não se adequam à atual necessidade de produção científica, ou aos prazos de financiamento de projetos, pelo que estudos deste tipo, que requerem períodos de amostragem mais longos, são geralmente evitados. Outra questão é que os agricultores geralmente aplicam o sistema Keyline como uma das várias técnicas de melhoramento do solo, tornando difícil isolar os impactos da Keyline dos impactos resultantes de outras técnicas [6]. Nestes estudos, são utilizados diferentes indicadores como: diversidade e biomassa de microrganismos e distribuição de minhocas no solo [7], humidade do solo pelo método volumétrico, qualidade e carbono orgânico do solo, profundidade das raízes [6], humidade do solo pelo método gravimétrico e rendimento das culturas [8].

## 1.2. A Agroecologia

Outra estratégia utilizada para a criação do Montado Novo, na Herdade do Freixo do Meio, foi a plantação de espécies autóctones seguindo o modelo da Agroecologia.

A Agroecologia é uma agricultura que tem como objetivo não só maximizar a produção, mas também otimizar o agro-ecossistema na sua totalidade, incluindo as suas componentes económica, técnica, social, cultural e ecológica.

A produção agroecológica pressupõe a prática do método de produção biológico e faz uso da policultura combinando, com frequência, produção de alimentos com a produção florestal – agrofloresta. Promove e utiliza a biodiversidade a seu favor, promovendo também a utilização de variedades locais de hortofrutícolas e espécies pecuárias.

O termo “agroecologia” refere-se tanto a uma disciplina científica, como a uma prática agrícola ou a um movimento social e político [9].

Como prática agrícola, a Agroecologia incorpora conhecimentos científicos e empíricos provenientes de experiências dos pequenos agricultores ou da agricultura das comunidades locais e indígenas.

Como disciplina científica, esta sistematiza e consolida diferentes tipos de conhecimento (científico e tradicional) com vista a uma agricultura ambientalmente sustentável, economicamente eficiente e socialmente justa [10]. A abordagem científica ao conceito de Agroecologia tem-se centrado mais na evolução deste conceito, ou na sua caracterização.

A sua associação aos movimentos sociais e políticos originou-se na América Latina, muito por influência do movimento dos “Sem Terra”. Esta conceção da Agroecologia como prática mais associada aos movimentos sociais e políticos também tem vindo a crescer na Europa enriquecendo as práticas de agricultura sustentável com conhecimentos de agricultura tradicional e as preocupações dos consumidores por uma agricultura socialmente mais responsável.

## 1.3. Áreas de estudo Ecomontado XXI

Neste projeto comparou-se a implementação do sistema Keyline em duas explorações com características distintas, conforme se pode observar na **tabela 1**.

**Tabela 1**  
Principais características de cada uma das explorações participantes no projeto ECOMONTADO XXI.

	Exploração A Freixo do Meio	Exploração B Machoeira do Grou
Concelho	Montemor-o-Novo	Chamusca
Altitude média acima do mar (m)	245	100
Solos	pardos/argilosos	arenosos
Coberto arbóreo maioritário	<i>Quercus rotundifolia</i> e <i>Q. suber</i>	<i>Q. suber</i> e <i>Pinus pinea</i>
Clima no verão	quente e seco	quente e seco
Clima no inverno	frio e húmido	frio e húmido
Temperatura média (°C)*	13,9	16,3
Precipitação média anual (mm)*	579	588
Classificação textural do solo	Franco-Argilo-Arenoso	Franco-Arenoso
% de areia do solo	59,26	71,87
% de limo do solo	14,75	20,19
% de argila do solo	26,00	7,94
C <sub>org</sub> do solo (%)	0,20	0,31
Matéria orgânica do solo (%)	0,34	0,53
pH do solo	5,86	5,09

\*Dados do <http://snirh.apambiente.pt>.

Com o objetivo de desenvolver e estudar uma nova prática de gestão florestal com vista à criação do “Montado Novo” em solos degradados, conjugou-se a implementação do sistema de Keyline com as técnicas da Agrofloresta.

O primeiro passo foi a realização, em 2017, do levantamento topográfico de uma primeira parcela de terreno – parcela A, na exploração A. O desenho do projeto de Keyline foi posteriormente passado para o terreno (**figura 5**).



**Figura 5**  
Desenho de Keyline implementado na parcela A.



© Rui Homem (operador de Drone)

Na **figura 6** podemos observar o desenho teórico das linhas de Keyline, que resultaram desta marcação em Autocad.

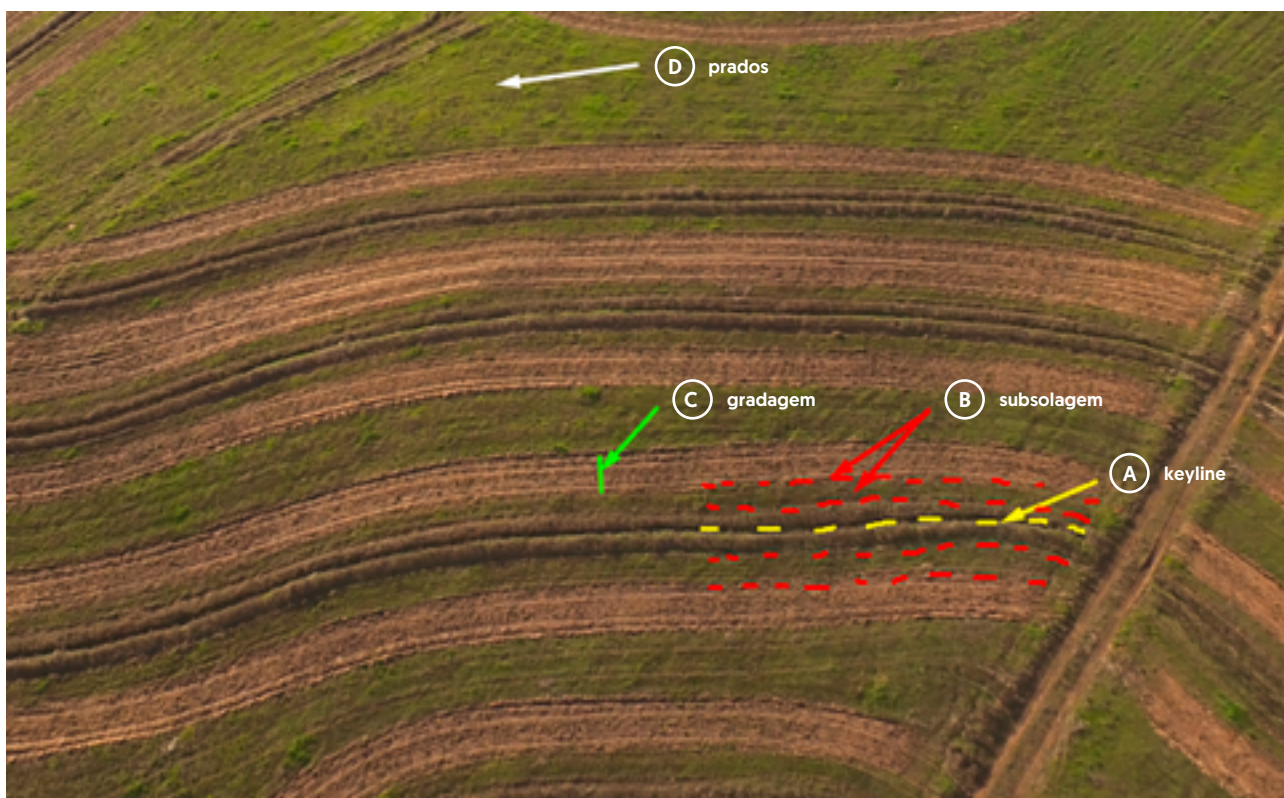
**Figura 6**  
Desenho das linhas de Keyline instaladas na parcela.



© Ana Fonseca

Seguidamente procedeu-se à plantação de espécies autóctones segundo o modelo da agrofloresta. Desta forma aproveitaram-se as linhas de Keyline, onde ocorre uma maior infiltração de água, para se instalarem árvores de diferentes espécies autóctones a um compasso bastante apertado. Em 2018 foram plantados, com espaçamento de 2 metros, pinheiros-mansos, sobreiros e azinheiras. Foi ainda feita uma sementeira de bolotas e o reforço das Keylines com a passagem de um arado do tipo Yeomans com dois ferros, de cada lado da linha.

**Figura 7**  
Esquema de intervenção para a instalação do Montado Novo do Freixo do Meio segundo os métodos da agroecologia.  
A – Keyline e zona de plantação de árvores e sementeira de bolotas; B – Subsolação;  
C – Gradagem e zona de sementeira de plantas forrageiras; D – Zona de instalação de prados e sementeira de abóboras.



© Ricardo Silva

O esquema de intervenção que teve como referência as linhas de Keyline, seguiu o padrão indicado na **figura 7**.

No ano de 2018 ainda se fez o aproveitamento das entrelinhas com corte da pastagem natural. Como resultado desta campanha de 2017/2018 pôde observar-se uma baixa taxa de sobrevivência das árvores em áreas bem definidas. Também se registou uma baixa taxa de germinação das bolotas semeadas. Das árvores com maior taxa de sucesso destacou-se o pinheiro-manso, que apresentou também um crescimento mais notório.

Na campanha de 2018/2019 repetiu-se a sementeira de bolotas de sobreiro e azinheira e de pinhão imediatamente ao lado da linha das árvores (zona B da **Figura 7**). Foi feita a abertura de um pequeno rego utilizando uma charrua, para reforçar o efeito do Keyline, bem como uma gradagem para enterrar a semente. Fez-se também, em alguns locais, o reforço do Keyline com passagem do arado do tipo Yeomans com dois ferros, de cada lado da linha de Keyline.

Paralelamente a esta zona B de trabalho (zona C da **Figura 7**) fez-se uma gradagem, com sementeira de uma mistura de sementes forrageiras destinadas à produção de biomassa. Voltou a repetir-se o corte da entrelinha para biomassa.

Nas áreas abertas, correspondentes à zona D do esquema da **figura 7**, o solo foi lavrado utilizando uma grade de discos e semeado com uma mistura de prados. Foram ainda semeadas abóboras.

Como resultado desta campanha, voltou a verificar-se uma baixa taxa de germinação da bolota, com zonas bem definidas, por manchas, onde a germinação foi satisfatória. Observou-se uma elevada mortalidade de árvores jovens no período de primavera/verão. Quanto à quantidade de biomassa de pastagem produzida na zona da entrelinha, registou-se uma melhoria significativa, bem como um aumento na diversidade de plantas herbáceas. Apenas as zonas de baixa, com elevado encharcamento, constituíram uma exceção a este aumento significativo na biomassa produzida.

Na campanha de 2019/2020 efetuou-se o reforço das linhas de Keyline com passagem do arado do tipo Yeomans com dois ferros, de cada lado da linha (zona B da **Figura 7**).

Nas linhas de Keyline fez-se nova plantação (retanchar), utilizando espécies autóctones mais resistentes.

Mais concretamente, e seguindo o esquema da **figura 7**, na zona A, foram plantados, com um compasso de um metro, pinheiros-mansos (*Pinus pinea*), aroeiras (*Pistacia lentiscus*), medronheiros (*Arbutus unedo*), sobreiros (*Quercus suber*), azinheiras (*Quercus rotundifolia*), carrascos (*Quercus coccifera*), murtas (*Myrtus communis*), alfarrobeiras (*Ceratonia siliqua*), zambujeiros (*Olea europaea* var. *sylvestris*) e abrunheiros-bravos (*Prunus spinosa*), conforme se pode ver na figura 8. Nesta mesma linha foram ainda semeadas bolotas de sobreiro e azinheira.

**Figura 8**

Plantação de diferentes espécies arbóreas, de forma alternada, com o compasso de um metro, na linha de Keyline, previamente marcada no terreno. Zona A da figura 7.



Voltou a fazer-se uma gradagem paralela a esta área de trabalho (zona C da **Figura 7**), com sementeira de uma mistura de espécies forrageiras destinadas à produção de biomassa, com corte posterior na entrelinha para fenagem e biomassa.

Como resultado das operações desta campanha voltou a observar-se uma baixa taxa de sobrevivência das plantas instaladas (rondando os 10%), com perdas da totalidade das plantas nas zonas de baixa, sujeitas a encharcamento. Já nas zonas de meia encosta, a taxa de sobrevivência das plantas instaladas foi mais elevada, com destaque para o zambujeiro, o pinheiro-manso e a azinheira. Voltou a observar-se uma baixa taxa de germinação da bolota, na generalidade, com algumas zonas bem definidas onde se observou uma maior taxa de germinação. Também se voltou a registar uma elevada taxa de mortalidade das árvores jovens no período de primavera/verão.

A produção de biomassa na zona da entrelinha voltou a aumentar.

Na campanha de 2020/2021, correspondendo à última campanha dentro do projeto ECOMONTADO XXI, teve de se re-identificar as zonas de passagem das linhas de Keyline que tinham, entretanto, desaparecido sob o denso manto da biomassa vegetal. No período da primavera esta biomassa, constituída sobretudo por gramíneas e leguminosas, cobre todo o terreno, tornando a identificação das linhas de Keyline bastante difícil.



Desta forma a re-identificação das linhas foi feita manualmente, tentando encontrar as linhas de árvores plantadas e com instalação de tutores de bambu num compasso relativamente apertado. Procedeu-se também a nova sementeira manual de bolotas.

Repetiu-se a remarcação das linhas de Keyline, utilizando o arado tipo Yeomans e desta vez procedeu-se, simultaneamente, à sementeira de linhas de tremocilha [*Lupinus luteus* L.] e faveta [*Vicia spp.*], conjuntamente com a sementeira de bolotas de sobreiro e azinheira, como forma de colorir e marcar os locais de sementeira e as próprias Keylines (Figura 9).

**Figura 9**

Sementeira de uma mistura de tremocilha, faveta, bolota de sobreiro e azinheira.



Ainda se fez um pequeno rego, utilizando uma charrua, e uma gradagem de enterramento desta semente.

Nesta campanha procedeu-se a uma plantação teste de corta-ventos nas linhas de festo, ensaiando uma nova alfaia agrícola que consiste num pequeno subsolador com uma fresa associada. Nesta plantação utilizaram-se pinheiros-mansos, azinheiras, sobreiros, carrascos, zambujeiros, aroeiras, abrunheiros-bravos, murtas e ciprestes. Também nesta zona de teste se procedeu à sementeira de bolotas de sobreiro e azinheira bem como a uma rega manual. Neste ano, em substituição do corte das entrelinhas procedeu-se ao derrube das herbáceas utilizando um rolo de facas.

Como resultado das atividades desta campanha observou-se uma boa taxa de sobrevivência das plantas instaladas, que rondou os 80% nestas plantações de teste. Também se observou uma melhor taxa de germinação das bolotas semeadas e uma melhoria de produtividade nas entrelinhas, com teores mais elevados de matéria-orgânica.

De acordo com as práticas da Agroecologia, para cada planta instalada foi feito um buraco de cerca de 20 cm que se encheu com uma mistura de solo e composto bem curtido. A planta foi instalada e foram feitas pequenas caldeiras, para melhor retenção da água. A caldeira foi coberta com material vegetal triturado ["mulch"] de forma a evitar a evaporação, manter a humidade do solo e os microorganismos benéficos.

Uma vez que o material vegetal está triturado, vai-se incorporando no solo enriquecendo-o com nutrientes. A biomassa da entrelinha, cortada anualmente, foi colocada junto às linhas de plantação das árvores, como forma de reforçar a proteção conferida pelo "mulch" e as funções de retenção da humidade, ensombreamento, criação de matéria orgânica e descompactação do solo.

Após os vários anos de intervenção, observou-se uma sobrevivência preferencial das árvores plantadas e germinadas nas zonas de meia encosta orientadas e norte e a este. Nas zonas de topo e de baixa ocorreu elevada mortalidade, tanto por se manterem as condições de forte exposição solar e ao vento, nas zonas de topo, como por se manter o elevado encharcamento, nas zonas de baixa. Dado o elevado teor em argila dos solos desta parcela, a drenagem deficiente das zonas de baixa não foi devidamente solucionada pelo Keyline, levando ao encharcamento das raízes de algumas das plantas instaladas. Nas localizações de maior encharcamento, a recuperação da antiga linha de água, já destruída há vários anos, deverá revelar-se uma solução mais efetiva para este tipo de solos.

No entanto a produção de biomassa vegetal, nas zonas da entrelinha, foi aumentando de ano para ano, o que poderá dever-se tanto às atividades sistemáticas de sementeira em algumas linhas, como a um efeito corretivo sobre a humidade do solo resultante da instalação das linhas de Keyline.

Neste caso concreto, em que ocorreu a plantação e sementeira intensiva de árvores e outras espécies vegetais, requerendo uma frequência de operações agrícolas muito elevada, a existência de curvas de Keyline, que não constituem linhas paralelas, dificultou os trabalhos agrícolas, sobretudo os que implicaram a utilização de trator.

Nesta situação, a opção mais eficaz teria correspondido a uma solução de compromisso, com marcação de Keylines nas zonas de meia encosta e recuperação das linhas de água nas zonas de drenagem marcadamente deficiente.

Também se considera que esta técnica se poderá revelar mais eficaz onde não haja necessidade de repetir as operações agrícolas com tanta regularidade, nomeadamente em zonas de pastagens ou para a instalação definitiva de certas culturas onde o trator não tenha de passar posteriormente com frequência.

Já a aplicação das técnicas propostas pela agroecologia, nomeadamente o "mulch", a adubação verde, a sementeira e plantação intensivas de diferentes espécies da região, revelaram-se interessantes do ponto de vista de sobrevivência das árvores e acréscimo de coberto na parcela.

Também se verificou que a sobrevivência das espécies arbóreas beneficia significativamente com alguma rega nos primeiros anos de instalação.



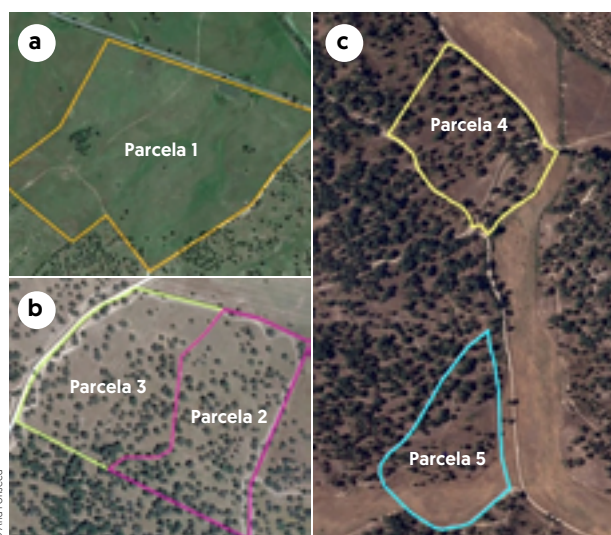
# 2.

## Plano de monitorização do Keyline

Ao aumentar a capacidade de infiltração e redistribuição da água na superfície do solo, é de esperar que um dos efeitos do Keyline nas explorações seja a redução das áreas onde ocorre encharcamento e seca significativa, com repercussões ao nível da humidade do solo, da quantidade de biomassa da pastagem produzida e da sua composição. Por fim, é expectável que ocorram algumas alterações ao nível da composição do solo. Desta forma o plano de monitorização consistiu em acompanhar a qualidade do solo, antes e depois da implementação das práticas de Agroecologia e do Keyline, a humidade do solo, com leituras mensais durante três anos e a quantidade e qualidade da pastagem, que foram avaliadas em três primaveras sucessivas. Importa frisar que a definição deste plano de monitorização ocorreu numa fase já adiantada da instalação da agrofloresta na parcela A, pelo que no caso desta parcela, o plano de monitorização constituiu um acréscimo à parte dos trabalhos que tinham já sido iniciados.

Em cada uma das explorações foram definidas parcelas de estudo correspondendo as parcelas 1, 2 e 3 a parcelas da exploração A e as parcelas 4 e 5 a parcelas da exploração B (Figura 10).

**Figura 10**  
Parcelas 1 a), 2 e 3 b) da exploração A e Parcelas 4 e 5 da exploração B c).



O levantamento topográfico e o desenho das Keyline a implementar nas duas explorações foram feitos pela empresa Línea Clave utilizando o programa Autocad e um aparelho de GPS portátil (Figura 11).

**Figura 11**  
Desenho de Keyline, recorrendo ao programa Autocad, a aplicar às parcelas 3 a) e 5 b) das explorações A e B, respetivamente.



A sua marcação no terreno foi feita com apoio de equipamento e técnicos agrícolas de cada uma das explorações (Figura 12).

Na exploração A a marcação do Keyline, na parcela 3, foi feita a 6 de julho de 2020 e na exploração B a marcação do Keyline, na parcela 5, foi feita a 9 de julho de 2020.



**Figura 12**

Marcação de curvas de Keyline por Jesús Ruiz Games (Línea Clave) e o técnico da exploração B, utilizando o leitor de GPS portátil.



© Ana Fonseca

O resultado desta marcação nas parcelas pode observar-se nas **figuras 13 e 14** referentes à exploração A e B respetivamente, em vistas de solo (a) e vistas aéreas (b) captadas por meio de drone.

**Figura 13**

Aspecto das linhas de Keyline em vista de solo a) e vista aérea b) após sua marcação na exploração A.



© Ana Fonseca



© Rui Homem (operador de Drone)

**Figura 14**

Aspecto das linhas de Keyline em vista de solo a) e vista aérea b) após sua marcação na exploração B.



© Ana Fonseca



© José Nunes (operador de Drone)

Para além da marcação das linhas de Keyline e, dado o crescimento significativo da biomassa da pastagem, nos anos subsequentes, que impediu a visualização das linhas de Keyline marcadas no solo, foram marcadas, na parcela 1, valas mais visíveis com o objetivo de servirem de referência para marcações posteriores (**Figura 15**). Foi ainda semeada tremocilha, nas entrelinhas, como forma de “colorir” o desenho de Keyline e torná-lo mais visível.

**Figura 15**

Pormenor das valas marcadas na parcela 1 da exploração A, para melhor identificação do desenho de Keyline pelos operadores das máquinas agrícolas.

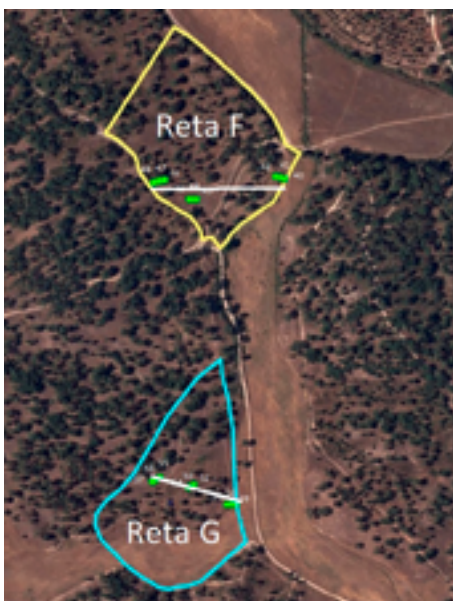
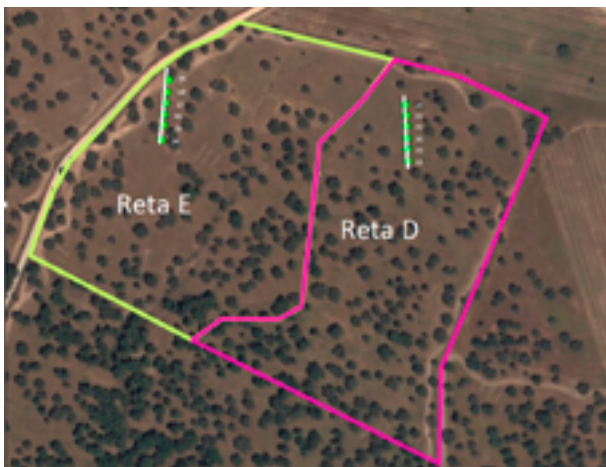


© Ana Fonseca



Foram definidos 57 pontos de amostragem para diversas medições (qualidade do solo, monitorização da humidade do solo, avaliação do crescimento da biomassa da pastagem e determinação das espécies da pastagem presentes). Estes pontos agruparam-se em retas de declive com o seu início numa zona topográfica de maior altitude e o seu fim numa zona topográfica de baixa, conforme se pode observar na **figura 16**.

**Figura 16**  
Pontos de amostragem e retas definidas nas parcelas de estudo. Retas A, B, C, E e G com Keyline e retas D e F de controlo, sem Keyline.



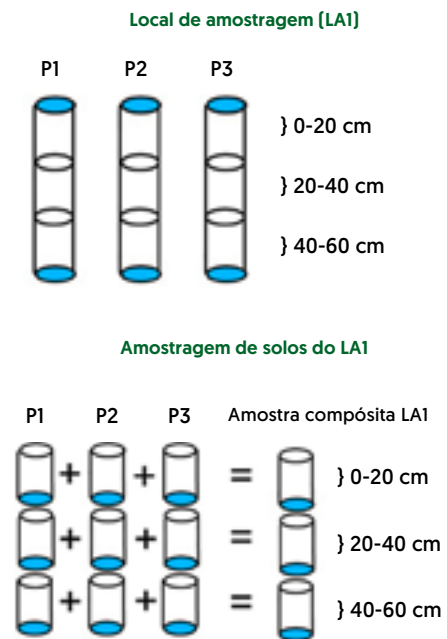
© Ana Fonseca

## 2.1 Monitorização de parâmetros do solo

Foram feitas análises de solos duas vezes no decorrer do projeto, tendo a primeira recolha de solos ocorrido entre 19 e 29 de março de 2019, na exploração A e a 2 de maio de 2019 na exploração B, e a segunda recolha de solos ocorrido entre 19 de março e 20 de abril de 2021 na exploração A e a 9 de abril na exploração B. A primeira recolha de solos coincidiu com a colocação dos tubos de medição da humidade do solo, uma vez que os buracos resultantes da recolha das amostras, serviram para a colocação dos respetivos tubos.

As recolhas de solos foram feitas em 19 locais de amostragem (LA), às seguintes profundidades (0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm), obtendo 57 amostras de solo. Cada amostra de um local, a uma dada profundidade, é uma amostra composta das amostras recolhidas nos dois ou três pontos (P) do mesmo local a essa profundidade (**Figura 17**).

**Figura 17**  
Esquema de recolha das amostras de solo



© Ana Fonseca

Os pontos onde foram recolhidas as amostras de solos foram agrupados, dois a dois nas retas D e E da exploração A, e três a três nas retas A, B e C da exploração A e nas retas F e G da exploração B, por forma a obter valores médios para cada localização topográfica – zona alta, zona intermédia e zona baixa.

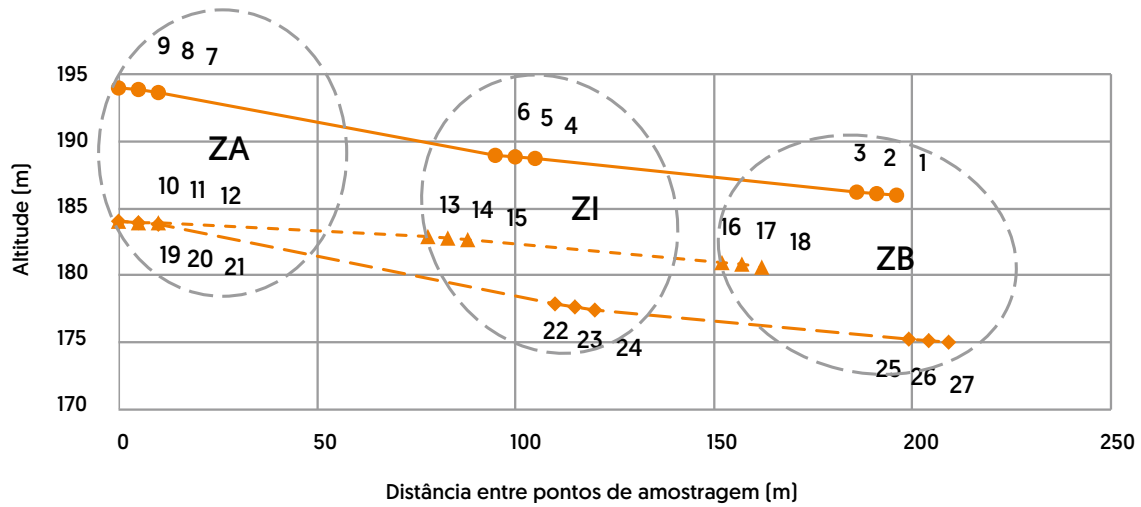
Representamos aqui os pontos das respetivas retas e a forma como foram agrupados, em cada exploração, para a obtenção de valores médios para as análises de solo para cada localização (**Figura 18**).



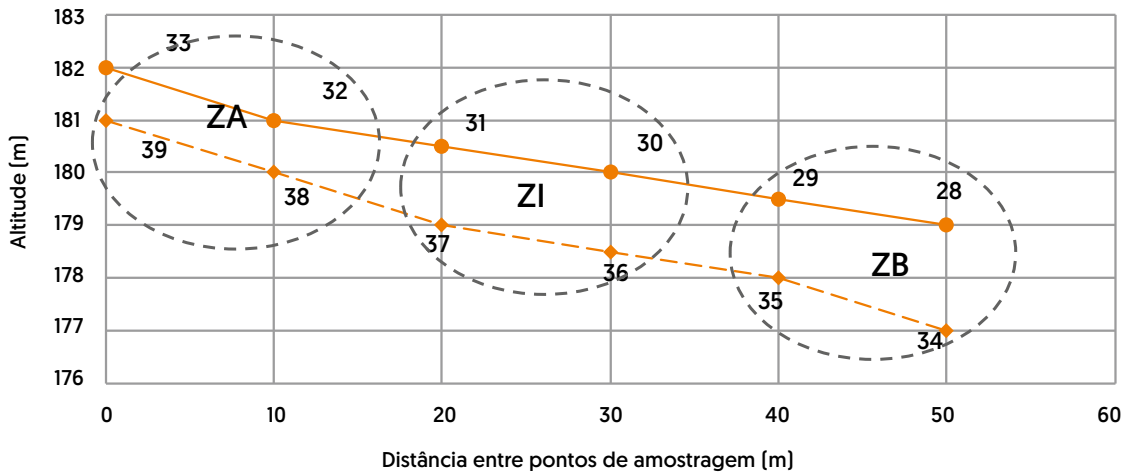
**Figura 18**

Localização dos pontos de amostragem nas retas A, B, C, D e E da exploração A e nas retas F e G da exploração B, com indicação sobre o seu agrupamento de acordo com a localização topográfica [zona alta – ZA, zona intermédia – ZI e zona baixa – ZB], para obtenção de valores médios para as análises de solos.

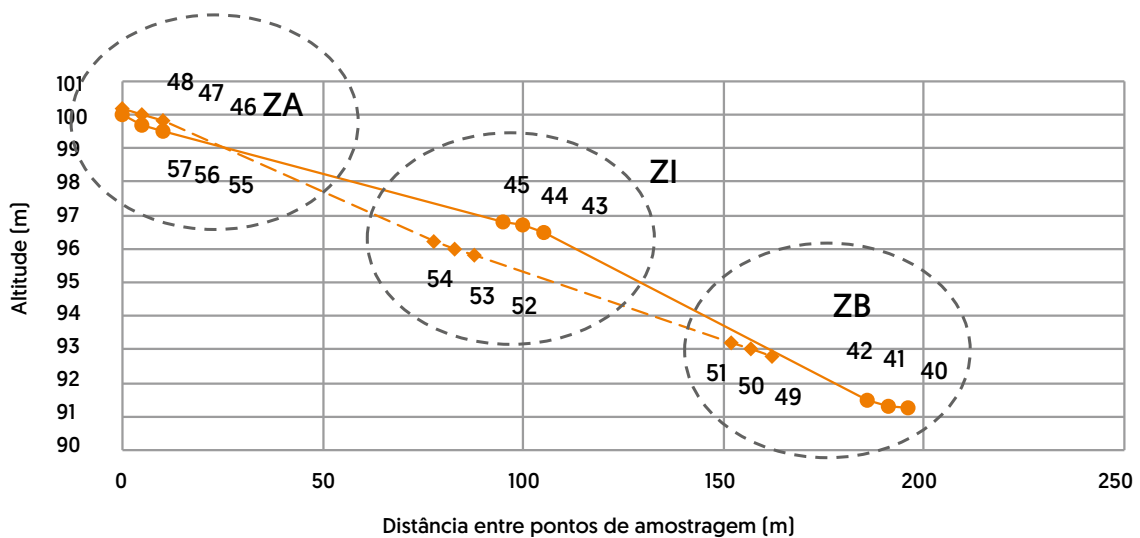
**Localização dos pontos de amostragem nas Retas A (pontos de 1 a 9), B (pontos de 10 a 18) e C (pontos de 19 a 27) (com Keyline)**



**Localização dos pontos de amostragem nas Retas D (pontos de 28 a 33 – sem Keyline) e E (pontos de 34 a 39 – com keyline)**



**Localização dos pontos de amostragem nas Retas F (pontos de 40 a 48 – sem Keyline) e G (pontos de 49 a 57 – com keyline)**



As análises às amostras de solos recolhidas em 2019 e 2021 foram efetuadas aos seguintes parâmetros: Textura de campo (apenas no início do projecto); pH (H<sub>2</sub>O), pH (KCl), Condutividade, Matéria Orgânica, Fósforo extraível (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Potássio extraível (K<sub>2</sub>O), Cálcio extraível, Magnésio extraível, Manganês.

Os métodos de análise para cada parâmetro, são os apresentados na **Tabela 2**.

**Tabela 2**  
Métodos utilizados para análise dos diferentes parâmetros do solo.

Parâmetros	Métodos
Carbono orgânico/ Matéria orgânica	Combustão seca. Análise Elementar
Fósforo Extraível	Egner-Riehm (Lactato de amónio)/ Espectrometria absorção Molecular
Cálcio e Magnésio Extraível	Extracção acetato amónio/ Espectroscopia de Emissão Óptica com fonte indutiva de plasma (ICP-OES)
Reacção do solo (pH em H <sub>2</sub> O)	Suspensão solo: água 1:2,5/ Potenciometria
Reacção do solo (pH KCl)	Suspensão solo: KCl 1:5/Potenciometria
Conductividade	Suspensão solo: água 1:2,5/ Eléctrodo de conductividade
Análise granulométrica (areia, limo, argila)	Crivagem, pipetagem (Lei de Stokes)
Classificação Textural	Diagrama Triangular de Atterberg

## 2.1.1. Resultados e discussão

Os valores médios para os diferentes parâmetros do solo para cada uma das parcelas em estudo, obtidos na primeira análise aos solos, dos 0 aos 60 centímetros de profundidade, são apresentados na tabela 3.

Podemos observar que se tratam de solos ácidos, sobretudo na exploração B, o que deverá estar relacionado com a predominância de areias nesta última exploração. Destes resultados podemos constatar que os valores de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico são muito baixos para todas as parcelas em estudo. Isto em parte deve-se à inclusão do perfil de solo dos 0 aos 60 centímetros. Se incluirmos apenas o perfil correspondente aos 0 a 10 centímetros de solo, já obtemos valores mais elevados (**Tabela 4**).

**Tabela 4**  
Valores médios de Carbono Orgânico (%) e Matéria Orgânica (%) das primeiras análises de solos para as diferentes parcelas da exploração A (parcelas 1, 2 e 3) e da exploração B (parcelas 4 e 5), considerando apenas os 10 centímetros iniciais de solo.

Parcela	Corg (%)	Mat. Org (%)
1	0,44	0,76
2	0,28	0,48
3	0,30	0,51
4	0,62	1,06
5	0,43	0,73

Podemos observar ainda a semelhança de características entre as parcelas da exploração A utilizadas para avaliar o efeito do Keyline (Parcela 2 – Controlo e Parcela 3 – Keyline) e as da exploração B (Parcela 4 – Controlo e Parcela 5 – Keyline).

**Tabela 3**  
Valores médios das primeiras análises de solos para as diferentes parcelas da exploração A (parcelas 1, 2 e 3) e da exploração B (parcelas 4 e 5) para as profundidades de 0 a 60 centímetros.

Parcela	pH		Condutividade em H <sub>2</sub> O (µS/cm)	P Extraível		K Extraível (mg/Kg)	Macronutrientes Extraíveis		Mn Extraível (mg/kg)	Textura			Classificação Textural	C <sub>org</sub> (%)	Mat. Org. (%)
	H <sub>2</sub> O	KCl 1M		Conc. Média	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/Kg)		Ca (mg/Kg)	Mg (mg/kg)		% Areia	% Limo	% Argila			
1	5,76	4,11	61,22	1,95	4,54	37,94	685,47	95,66	25,86	66,73	17,27	15,99	Franco-Arenoso	0,31	0,54
2	5,90	4,31	56,00	20,49	46,99	36,16	1232,37	450,79	24,72	60,74	13,86	25,40	Franco-Argiloso-Arenoso	0,20	0,34
3	5,82	4,11	112,00	13,30	30,58	33,77	2206,24	927,81	7,85	57,77	15,64	26,59	Franco-Argiloso-Arenoso	0,20	0,34
4	5,12	3,98	41,67	2,42	5,60	27,91	68,00	7,81	9,94	73,29	19,87	6,84	Franco-Arenoso	0,34	0,59
5	5,05	4,26	31,83	0,10	0,40	32,32	131,89	24,34	15,50	70,44	20,51	9,04	Franco-Arenoso	0,27	0,46

Na **Tabela 5** apresentamos os valores indicados como médios para diferentes parâmetros, nos solos desta região.

**Tabela 5**

Valores médios nos solos da região dos parâmetros Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio.

Parâmetros	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Valor Médio	{P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> } {mg/Kg} 51-100	{K <sub>2</sub> O} {mg/Kg} 51-100	{Ca} {mg/Kg} 430-860	{Mg} {mg/Kg} 71-124

Comparando os valores obtidos para os diferentes elementos, em cada parcela, com os apresentados na Tabela 5, podemos concluir que os valores para o Fósforo são mais baixos do que o valor médio, sendo extremamente baixos para a Parcela 1 da exploração A e para as duas parcelas da exploração B. Já os valores de Potássio, nas parcelas, ficam abaixo dos valores médios para os solos da região, mas não distando significativamente do que é considerado o limiar inferior para a presença deste elemento nestes solos. Relativamente aos macronutrientes extraíveis Cálcio e Magnésio, podemos observar que os valores presentes nos solos da exploração B são inferiores aos considerados como valores médios. Já nas parcelas 2 e 3 da exploração A, os valores apresentados são superiores aos considerados como valores médios, e apenas a parcela 1 apresenta valores considerados como dentro destes valores médios para estes dois macronutrientes.

**Tabela 6**

Valores médios do pH em H<sub>2</sub>O nos primeiros 10 centímetros do solo, por parcela e zona topográfica, antes e depois de se fazer o Keyline.

pH em H <sub>2</sub> O – 0 a 10 centímetros de profundidade														
Zona topográfica														
Exploração	Parcela	Reta	Tratamento	Pontos	Alta			Intermédia			Baixa			
					Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	
A	1	A	KL	1 2 3							4,97	5,25	0,06	
A	1	A	KL	4 5 6				5,56	6,08	0,09				
A	1	A	KL	7 8 9	5,36	5,83	0,09							
A	1	B	KL	10 11 12	5,85	5,76	-0,02							
A	1	B	KL	13 14 15				6,29	6,04	-0,04				
A	1	B	KL	16 17 18							5,77	5,66	-0,02	
A	1	C	KL	19 20 21	5,24	5,30	0,01							
A	1	C	KL	22 23 24				5,56	5,75	0,03				
A	1	C	KL	25 26 27							5,41	6,02	0,11	
A	2	D	C	28 29 30							5,67	6,02	0,06	
A	2	D	C	31 32 33	5,82	6,05	0,04							
A	3	E	KL	34 35 36							5,48	6,60	0,20	
A	3	E	KL	37 38 39	6,22	6,46	0,04							
B	4	F	C	40 41 42							5,66	6,27	0,11	
B	4	F	C	43 44 45				5,27	5,05	-0,04				
B	4	F	C	46 47 48	4,26	4,74	0,11							
B	5	G	KL	49 50 51							4,85	4,67	-0,04	
B	5	G	KL	52 53 54				5,19	5,30	0,02				
B	5	G	KL	55 56 57	5,05	5,05	0,00							



Uma vez que o Keyline é uma intervenção executada nos 10 primeiros centímetros de solo, comparámos a evolução dos teores dos diferentes elementos nestes primeiros 10 centímetros, de acordo com as diferentes parcelas e também com as diferentes localizações topográficas [alta, intermédia e baixa].

No que se refere ao pH em H<sub>2</sub>O [Tabela 6], podemos constatar que, em geral, ocorreu uma ligeira subida deste valor tanto nas parcelas de controlo como nas parcelas onde foi feito o Keyline. Apenas a reta B da parcela 1 contraria esta tendência, com redução no valor de pH em todas as zonas topográficas, embora de forma muito pouco expressiva.

A subida, na generalidade dos pontos, do valor de pH em H<sub>2</sub>O é positiva, uma vez que aumenta a disponibilidade de alguns nutrientes para as plantas. No entanto não parece haver uma correlação com a instalação de Keyline nas parcelas.

O pH em KCl [Tabela 7] subiu em quase todas as análises da zona topográfica alta na exploração A, com exceção da reta B. Na zona intermédia da parcela 1 o pH em KCl baixou na reta B e subiu nas outras retas A e C, tendo baixado na zona topográfica baixa da reta A e subido nas restantes. Na exploração B, o pH em KCl subiu nas zonas topográficas alta e baixa, tendo baixado na zona intermédia da reta F de controlo, acontecendo o oposto na reta G com Keyline. Não parece, desta forma, haver uma correlação entre o Keyline e as subidas ou descidas no pH em KCl. Estas parecem dever-se a outros fatores.

**Tabela 7**

Valores médios do pH em KCl nos primeiros 10 centímetros do solo, por parcela e zona topográfica, antes e depois de se fazer o Keyline.

pH em KCl – 0 a 10 centímetros de profundidade														
Zona topográfica														
Exploração	Parcela	Reta	Tratamento	Pontos	Alta			Intermédia			Baixa			
					Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	
A	1	A	KL	1 2 3							4,01	4,00	0,00	
A	1	A	KL	4 5 6				3,97	4,12	0,04				
A	1	A	KL	7 8 9	4,06	4,16	0,02							
A	1	B	KL	10 11 12	4,82	4,56	-0,05							
A	1	B	KL	13 14 15				4,58	4,48	-0,02				
A	1	B	KL	16 17 18							3,84	3,98	0,04	
A	1	C	KL	19 20 21	4,04	4,11	0,02							
A	1	C	KL	22 23 24				4,17	4,31	0,03				
A	1	C	KL	25 26 27							4,01	4,48	0,12	
A	2	D	C	28 29 30							4,17	4,20	0,01	
A	2	D	C	31 32 33	4,25	4,48	0,05							
A	3	E	KL	34 35 36							4,06	4,22	0,04	
A	3	E	KL	37 38 39	3,96	4,10	0,04							
B	4	F	C	40 41 42							4,06	4,96	0,22	
B	4	F	C	43 44 45				4,12	4,04	-0,02				

A condutividade em H<sub>2</sub>O (Tabela 8) das retas A, B e C subiu e desceu de forma relativamente aleatória, não parecendo seguir qualquer critério relacionado com o Keyline ou a zona topográfica. Já na parcela 3, com Keyline, da exploração A, a condutividade diminuiu, enquanto aumentou na correspondente parcela de controlo – parcela 2. Na exploração B a condutividade baixou na parcela de controlo na zona topográfica alta, mas aumentou em todas as restantes zonas topográficas nas parcelas de controlo e com Keyline.

Os valores de fósforo extraível utilizando a concentração média de fósforo (Tabela 9) aumentaram em quase todas as retas da parcela 1 da exploração A, com exceção da zona topográfica alta e baixa da reta B. Na parcela 2 da exploração A, de controlo, o teor de P extraível diminuiu em todas as localizações topográficas, enquanto que na correspondente parcela com Keyline, a parcela 3, já se observou um aumento significativo no teor de P extraível nas diferentes localizações topográficas. Na parcela 4 da exploração B, de controlo, também se registou uma diminuição do teor de P extraível em todas as zonas topográficas com exceção da zona topográfica baixa, onde este teor aumentou. Já na parcela 5, com Keyline, da exploração B, o teor em P extraível aumentou em todas as localizações topográficas com exceção da zona baixa. De acordo com os resultados obtidos parece existir uma correlação entre o Keyline e o aumento de P extraível.

Os valores de fósforo extraível utilizando a determinação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (mg/kg) deram resultados semelhantes aos apresentados na tabela 9, pelo que não se expõem aqui.

Os valores de potássio extraível (Tabela 10) diminuiram na zona baixa da reta A, em toda a reta B e na zona intermédia da reta C, da parcela 1, aumentando nas restantes situações da exploração A. Esta diminuição observada nas retas da parcela 1 poderá estar relacionada com o grande crescimento da biomassa vegetal de ano para ano, após se fazer o Keyline, biomassa esta que pode levar a uma absorção significativa de potássio do solo, reduzindo os seus valores neste elemento.

Na exploração B só se observou uma redução no valor de potássio disponível na zona alta da parcela 5, onde se fez o Keyline, mas foi aqui que se registou um maior aumento da biomassa vegetal, pelo que os dois fatores poderão estar relacionados.

**Tabela 8**

Valores médios da condutividade em H<sub>2</sub>O nos primeiros 10 centímetros do solo, por parcela e zona topográfica, antes e depois de se fazer o Keyline.

Condutividade em H <sub>2</sub> O (μS/cm) – 0 a 10 centímetros de profundidade													
					Zona topográfica								
Exploração	Parcela	Reta	Tratamento	Pontos	Alta			Intermédia			Baixa		
					Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças
A	1	A	KL	1 2 3							173,00	34,29	-0,80
A	1	A	KL	4 5 6				26,00	31,64	0,22			
A	1	A	KL	7 8 9	73,00	33,12	-0,55						
A	1	B	KL	10 11 12	59,00	58,73	0,00						
A	1	B	KL	13 14 15				61,00	44,44	-0,27			
A	1	B	KL	16 17 18							39,00	53,02	0,36
A	1	C	KL	19 20 21	35,00	87,51	1,50						
A	1	C	KL	22 23 24				48,00	50,37	0,05			
A	1	C	KL	25 26 27							45,00	31,75	-0,29
A	2	D	C	28 29 30							38,00	48,25	0,27
A	2	D	C	31 32 33	36,00	58,62	0,63						
A	3	E	KL	34 35 36							44,00	36,19	-0,18
A	3	E	KL	37 38 39	47,00	40,42	-0,14						
B	4	F	C	40 41 42							54,00	76,08	0,41
B	4	F	C	43 44 45				29,00	52,06	0,80			
B	4	F	C	46 47 48	90,00	48,57	-0,46						
B	5	G	KL	49 50 51							51,00	99,68	0,95
B	5	G	KL	52 53 54				28,00	62,22	1,22			
B	5	G	KL	55 56 57	32,00	64,76	1,02						

**Tabela 9**

Valores médios de fósforo extraível nos primeiros 10 centímetros do solo, por parcela e zona topográfica, antes e depois de se fazer o Keyline.

P extraível Conc. Média P (mg/Kg) – 0 a 10 centímetros de profundidade													
Zona topográfica													
Exploração	Parcela	Reta	Tratamento	Pontos	Alta			Intermédia			Baixa		
					Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças
A	1	A	KL	1 2 3							1,02	1,90	0,85
A	1	A	KL	4 5 6				1,07	2,20	1,05			
A	1	A	KL	7 8 9	2,20	2,93	0,33						
A	1	B	KL	10 11 12	7,08	3,62	-0,49						
A	1	B	KL	13 14 15				0,10	3,03	29,26			
A	1	B	KL	16 17 18							8,82	6,18	-0,30
A	1	C	KL	19 20 21	4,75	5,70	0,20						
A	1	C	KL	22 23 24				1,12	2,55	1,27			
A	1	C	KL	25 26 27							3,40	7,23	1,13
A	2	D	C	28 29 30							27,45	0,65	-0,98
A	2	D	C	31 32 33	36,70	1,33	-0,96						
A	3	E	KL	34 35 36							0,10	0,60	5,00
A	3	E	KL	37 38 39	0,10	1,10	10,00						
B	4	F	C	40 41 42							0,10	6,33	62,29
B	4	F	C	43 44 45				4,95	3,50	-0,29			
B	4	F	C	46 47 48	4,08	3,02	-0,26						
B	5	G	KL	49 50 51							2,63	2,15	-0,18
B	5	G	KL	52 53 54				0,10	3,33	32,25			
B	5	G	KL	55 56 57	0,10	3,95	38,48						

**Tabela 10**

Valores médios de potássio extraível nos primeiros 10 centímetros do solo, por parcela e zona topográfica, antes e depois de se fazer o Keyline.

K Extraível (mg/Kg) – 0 a 10 centímetros de profundidade													
Zona topográfica													
Exploração	Parcela	Reta	Tratamento	Pontos	Alta			Intermédia			Baixa		
					Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças
A	1	A	KL	1 2 3							31,83	19,60	-0,38
A	1	A	KL	4 5 6				19,04	23,34	0,23			
A	1	A	KL	7 8 9	59,20	60,46	0,02						
A	1	B	KL	10 11 12	52,32	39,08	-0,25						
A	1	B	KL	13 14 15				46,28	29,26	-0,37			
A	1	B	KL	16 17 18							59,16	47,72	-0,19
A	1	C	KL	19 20 21	74,99	94,54	0,26						
A	1	C	KL	22 23 24				30,83	27,78	-0,10			
A	1	C	KL	25 26 27							20,76	24,03	0,16
A	2	D	C	28 29 30							35,18	47,52	0,35
A	2	D	C	31 32 33	44,84	49,13	0,10						
A	3	E	KL	34 35 36							31,09	33,90	0,09
A	3	E	KL	37 38 39	24,48	31,65	0,29						
B	4	F	C	40 41 42							86,67	88,58	0,02
B	4	F	C	43 44 45				22,71	45,30	0,99			
B	4	F	C	46 47 48	31,08	52,22	0,68						
B	5	G	KL	49 50 51							24,77	25,40	0,03
B	5	G	KL	52 53 54				27,66	35,25	0,27			
B	5	G	KL	55 56 57	38,00	27,65	-0,27						



Os valores do macronutriente Cálcio (Tabela 11) diminuíram em toda a parcela 1 com exceção da zona baixa da reta C, zona sujeita a encharcamento acentuado no inverno. Também nas parcelas 2 e 3, estes valores diminuíram com exceção da zona baixa da reta C, sujeita a encharcamento no inverno.

Apenas na exploração B estes valores subiram em todas as zonas topográficas das retas de controlo e Keyline.

A redução generalizada nos teores de cálcio extraível pode estar relacionada com o elevado crescimento de biomassa da pastagem, na parcela 1 e também nas parcelas 2 e 3. Esta biomassa absorve cálcio do solo pelo que este apresenta valores mais reduzidos neste elemento.

No entanto, o maior crescimento de biomassa vegetal na exploração B não produziu o mesmo efeito nos teores de cálcio extraíveis do solo.

Relativamente aos valores de magnésio extraível (Tabela 12) observa-se uma subida em todos os pontos da parcela 1 com exceção da zona baixa das retas A e B, que são zonas de grande crescimento da biomassa vegetal, e da zona intermédia da reta C, que também corresponde a uma zona de grande crescimento da biomassa vegetal. Já nas parcelas 2 e 3, o valor de magnésio extraível reduz-se em todas as situações com exceção da zona alta da parcela de controlo.

Já na exploração B o magnésio sofre uma redução na zona intermédia da reta de controlo e na zona alta da reta com Keyline, que foram ambas zonas de elevado crescimento da biomassa vegetal. No entanto não é fácil estabelecer uma relação clara entre estes dois fatores, o crescimento de biomassa vegetal e a redução de magnésio extraível no solo, podendo este ser explicado por outros fatores.

Os valores de Manganês, um elemento que apresenta alguma toxicidade para as plantas, diminuiu em quase todos os pontos da parcela 1, com exceção da zona intermédia da reta A e da zona intermédia e baixa da reta C. Este elemento sofreu também uma redução em todos os pontos da reta D de controlo e subido ligeiramente na reta com Keyline – reta E. Já na exploração B este elemento aumentou na zona alta da reta de controlo F e nas zonas alta e baixa da reta com Keyline – reta G. Nos casos das parcelas E e G, em que o teor de Manganês aumenta nas parcelas com Keyline em relação às parcelas de controlo, parece existir uma relação causal entre estes dois fatores, que poderá estar relacionada com a maior mobilização do solo e por isso maior disponibilização deste elemento para a forma extraível. Já na parcela 1 parece que esta mobilização acrescida não teve o mesmo efeito, o que se poderá ficar a dever a outros fatores, nomeadamente o crescimento significativo da biomassa vegetal da pastagem.

**Tabela 11**

Valores médios de cálcio extraível nos primeiros 10 centímetros do solo, por parcela e zona topográfica, antes e depois de se fazer o Keyline.

Macronutrientes Extraíveis Ca (mg/Kg) – 0 a 10 centímetros de profundidade													
Zona topográfica													
Exploração	Parcela	Reta	Tratamento	Pontos	Alta			Intermédia			Baixa		
					Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças
A	1	A	KL	1 2 3							379,50	281,43	-0,26
A	1	A	KL	4 5 6				378,11	322,40	-0,15			
A	1	A	KL	7 8 9	864,91	736,80	-0,15						
A	1	B	KL	10 11 12	937,46	816,70	-0,13						
A	1	B	KL	13 14 15				1162,82	785,21	-0,32			
A	1	B	KL	16 17 18							470,41	376,93	-0,20
A	1	C	KL	19 20 21	615,39	553,72	-0,10						
A	1	C	KL	22 23 24				541,73	418,94	-0,23			
A	1	C	KL	25 26 27							336,03	352,89	0,05
A	2	D	C	28 29 30							634,49	651,36	0,03
A	2	D	C	31 32 33	653,45	508,82	-0,22						
A	3	E	KL	34 35 36							834,82	688,74	-0,17
A	3	E	KL	37 38 39	1352,02	904,67	-0,33						
B	4	F	C	40 41 42							461,97	657,88	0,42
B	4	F	C	43 44 45				89,65	110,45	0,23			
B	4	F	C	46 47 48	96,63	264,49	1,74						
B	5	G	KL	49 50 51							93,76	122,67	0,31
B	5	G	KL	52 53 54				152,26	215,39	0,41			
B	5	G	KL	55 56 57	92,40	171,82	0,86						

**Tabela 12**

Valores médios de magnésio extraível nos primeiros 10 centímetros do solo, por parcela e zona topográfica, antes e depois de se fazer o Keyline.

Macronutrientes Extraíveis Mg (mg/Kg) – 0 a 10 centímetros de profundidade														
Zona topográfica														
Exploração	Parcela	Reta	Tratamento	Pontos	Alta			Intermédia			Baixa			
					Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	
A	1	A	KL	1 2 3								40,31	30,43	-0,25
A	1	A	KL	4 5 6				42,09	39,57	-0,06				
A	1	A	KL	7 8 9	175,29	199,63	0,14							
A	1	B	KL	10 11 12	83,97	120,43	0,43							
A	1	B	KL	13 14 15				79,91	72,18	-0,10				
A	1	B	KL	16 17 18								34,30	38,09	0,11
A	1	C	KL	19 20 21	59,04	72,54	0,23							
A	1	C	KL	22 23 24				65,76	63,22	-0,04				
A	1	C	KL	25 26 27								28,39	25,99	-0,08
A	2	D	C	28 29 30								123,06	112,93	-0,08
A	2	D	C	31 32 33	157,03	166,03	0,06							
A	3	E	KL	34 35 36								335,18	318,15	-0,05
A	3	E	KL	37 38 39	513,73	414,43	-0,19							
B	4	F	C	40 41 42								260,03	384,21	0,48
B	4	F	C	43 44 45				9,12	8,61	-0,06				
B	4	F	C	46 47 48	9,15	21,86	1,39							
B	5	G	KL	49 50 51								6,15	9,73	0,58
B	5	G	KL	52 53 54				17,54	26,99	0,54				
B	5	G	KL	55 56 57	14,78	14,13	-0,04							

**Tabela 13**

Valores médios de manganês extraível nos primeiros 10 centímetros do solo, por parcela e zona topográfica, antes e depois de se fazer o Keyline.

Mn Extraível (mg/Kg) – 0 a 10 centímetros de profundidade														
Zona topográfica														
Exploração	Parcela	Reta	Tratamento	Pontos	Alta			Intermédia			Baixa			
					Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	
A	1	A	KL	1 2 3								30,87	23,01	-0,25
A	1	A	KL	4 5 6				27,83	29,97	0,08				
A	1	A	KL	7 8 9	10,64	8,31	-0,22							
A	1	B	KL	10 11 12	29,76	17,30	-0,42							
A	1	B	KL	13 14 15				29,30	15,47	-0,47				
A	1	B	KL	16 17 18								13,03	5,70	-0,56
A	1	C	KL	19 20 21	30,70	18,72	-0,39							
A	1	C	KL	22 23 24				17,49	18,06	0,03				
A	1	C	KL	25 26 27								52,23	97,57	0,87
A	2	D	C	28 29 30								40,91	32,93	-0,20
A	2	D	C	31 32 33	38,66	21,07	-0,46							
A	3	E	KL	34 35 36								5,41	5,93	0,10
A	3	E	KL	37 38 39	5,18	6,40	0,24							
B	4	F	C	40 41 42								13,77	13,21	-0,04
B	4	F	C	43 44 45				19,12	11,75	-0,39				
B	4	F	C	46 47 48	0,76	2,46	2,24							
B	5	G	KL	49 50 51								11,01	20,43	0,85
B	5	G	KL	52 53 54				33,28	28,82	-0,13				
B	5	G	KL	55 56 57	2,90	8,39	1,89							

Por fim, e relativamente à percentagem de carbono orgânico (Tabela 14), pode observar-se que na parcela 1 esta percentagem diminuiu em quase todas as zonas com exceção das zonas alta e intermédia da reta A e da zona baixa da reta B. Este facto poderá ficar a dever-se à elevada mobilização e conjunto de intervenções que foram efetuadas nesta parcela que terão, no seu conjunto, provocado um maior arejamento do solo e conseqüentemente uma taxa de mineralização da matéria orgânica mais elevada.

Já nas parcelas 2 e 3 da exploração A, que não tiveram qualquer mobilização ou apenas uma mobilização, a percentagem de matéria orgânica aumenta, mesmo que ligeiramente. Nas parcelas 4 e 5 da exploração B, esta percentagem também aumenta, com exceção da zona intermédia da reta F de controlo.

A variação da percentagem de matéria orgânica do solo nas duas explorações é semelhante à variação da percentagem de carbono orgânico, pelo que não se expõem aqui os resultados.

Destes resultados conclui-se que existe uma multitude de fatores que influenciam a disponibilidade dos diferentes elementos no solo, nomeadamente os valores de pH cujo aumento parece ter um impacto nos valores mais elevados de fósforo observados. Por outro lado, o crescimento da biomassa da pastagem, bastante significativo na parcela 1, mas também observado nas parcelas E e G onde se fez uma passagem de Keyline, parece influenciar a menor disponibilidade de potássio e de cálcio devido à sua absorção por parte das plantas.

Também o número de operações de mobilização do solo parece influenciar a percentagem de carbono orgânico do solo, o que deverá estar relacionado com o maior arejamento e conseqüente oxidação da matéria orgânica e redução da percentagem de carbono orgânico no solo.

Outro fator que influencia os teores dos diferentes elementos no solo é a humidade do mesmo, que deverá aumentar com a remarcação do Keyline no terreno ou o seu reforço por meio de outras operações.

Na verdade, qualquer das variações observadas é pouco expressiva, sendo difícil separar os fatores causadores das mesmas ou correlacioná-las com a instalação do desenho de Keyline.

Estes resultados vêm ao encontro do que foi já observado noutros estudos [11] e [12]. De facto, o Keyline foi concebido para melhorar a infiltração da água e evitar a erosão do solo o que deverá, a longo prazo aumentar a fertilidade dos solos, mas este resultado deverá demorar anos a ser observado [11]. Nomeadamente o aumento dos teores de matéria orgânica do solo pode ser uma conseqüência natural de uma boa implementação do desenho de Keyline, sem reviramento do solo, mas este também deve ser um processo que demorará vários anos a observar-se [12]. O curto período de estudo deste Grupo Operacional não possibilita a observação destes resultados ou a clarificação sobre os fatores que justificam as diferentes variações nos teores dos diferentes nutrientes no solo.

**Tabela 14**

% de carbono orgânico nos primeiros 10 centímetros do solo, por parcela e zona topográfica, antes e depois de se fazer o Keyline.

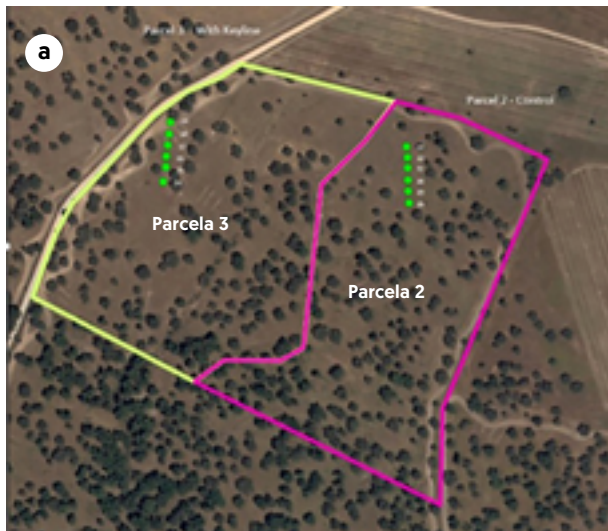
Corg [%] – 0 a 10 centímetros de profundidade													
					Zona topográfica								
Exploração	Parcela	Reta	Tratamento	Pontos	Alta			Intermédia			Baixa		
					Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças	Antes do Keyline	Depois do Keyline	% de diferenças
A	1	A	KL	1 2 3							0,38	0,31	-0,18
A	1	A	KL	4 5 6				0,27	0,29	0,06			
A	1	A	KL	7 8 9	0,32	0,59	0,87						
A	1	B	KL	10 11 12	0,49	0,38	-0,23						
A	1	B	KL	13 14 15				0,35	0,32	-0,10			
A	1	B	KL	16 17 18							0,27	0,38	0,39
A	1	C	KL	19 20 21	0,78	0,55	-0,29						
A	1	C	KL	22 23 24				0,33	0,24	-0,27			
A	1	C	KL	25 26 27							0,80	0,28	-0,66
A	2	D	C	28 29 30							0,33	0,39	0,18
A	2	D	C	31 32 33	0,23	0,53	1,30						
A	3	E	KL	34 35 36							0,30	0,45	0,53
A	3	E	KL	37 38 39	0,30	0,44	0,47						
B	4	F	C	40 41 42							0,40	1,43	2,58
B	4	F	C	43 44 45				0,27	0,26	-0,04			
B	4	F	C	46 47 48	0,97	1,29	0,33						
B	5	G	KL	49 50 51							0,32	0,72	1,23
B	5	G	KL	52 53 54				0,51	0,77	0,52			
B	5	G	KL	55 56 57	0,35	0,97	1,80						



## 2.2. Monitorização da humidade do solo

Os dados para monitorização da humidade do solo foram recolhidos nas parcelas 2 e 3 da exploração A e nas parcelas 4 e 5 da exploração B (Figura 19).

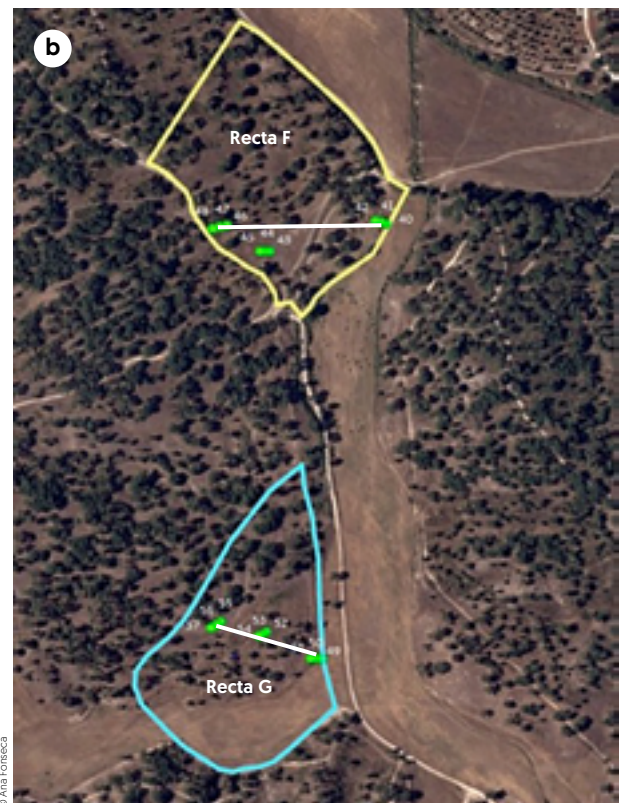
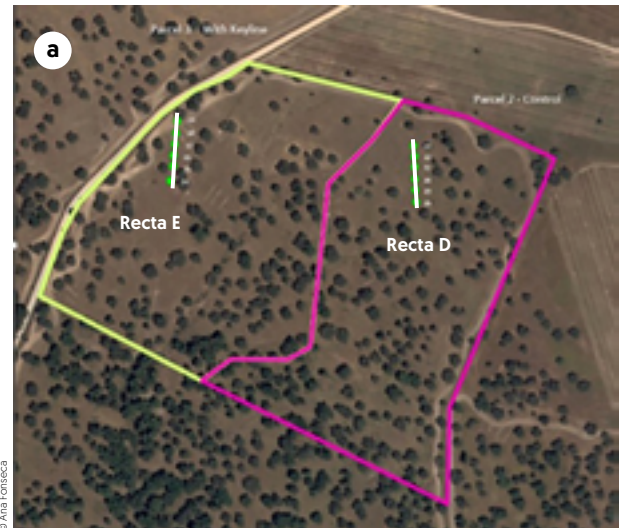
**Figura 19**  
Parcelas 2 e 3 da exploração A (a) e Parcelas 4 e 5 da exploração B (b).



Foram efetuadas leituras da humidade do solo uma vez por mês em cada uma das explorações, utilizando uma sonda Diviner 2000. Os dados foram descarregados utilizando o programa de software da Sentek Pty Ltd. – Irrimax para Windows.

Foram definidas retas que têm o seu início numa zona topográfica de maior altitude e o seu fim numa zona topográfica de baixa, conforme a figura 20.

**Figura 20**  
Retas definidas nas parcelas de estudo. Retas E e G com Keyline e retas D e F de controlo, sem Keyline.



Os valores das leituras de humidade do solo de cada exploração referem-se à média de dois ou três pontos agrupados conforme se explica na figura 18.

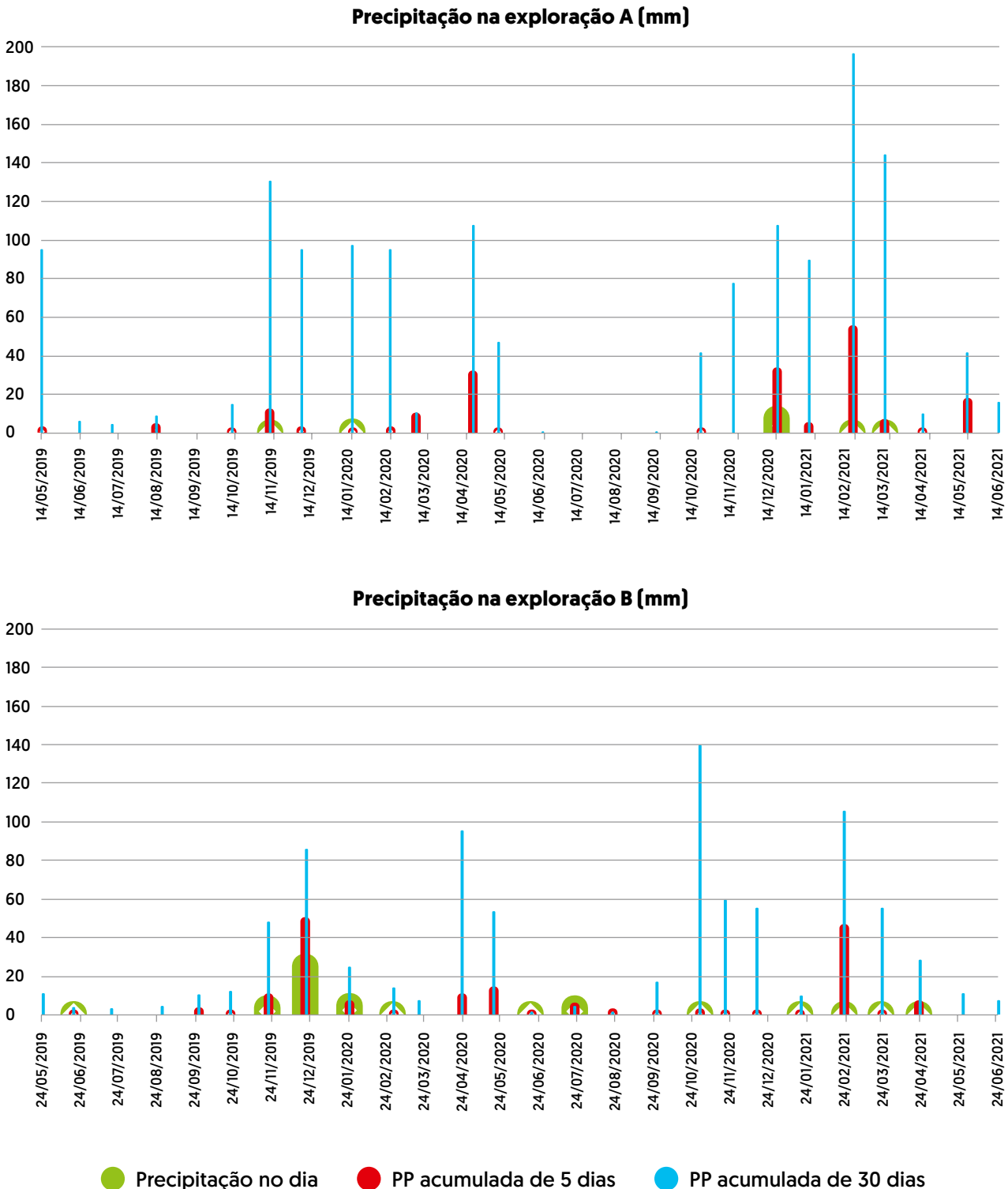
## 2.2.1. Resultados e discussão

Os valores de precipitação obtidos para os dias de medição da humidade do solo nas duas explorações, a precipitação acumulada nos cinco dias e trinta dias anteriores são apresentados na **Figura 21**.

De acordo com os gráficos apresentados podemos observar as características habituais do clima mediterrânico, notando, porém, uma precipitação mais distribuída ao longo do ano para a exploração B relativamente à exploração A.

**Figura 21**

Valores de precipitação ocorridos nos dias de medição de humidade do solo, e precipitação acumulada para os cinco dias antes e trinta dias antes, para a exploração A e para a exploração B. Fonte dos dados, estação meteorológica própria para a exploração A e <http://snirh.apambiente.pt> para a exploração B.



Os valores de humidade do solo foram recolhidos, nas duas explorações, desde maio de 2019. A marcação do Keyline só foi feita em 2020 pelo que dispomos de um ano de leituras sem Keyline e um ano de leituras após a marcação do Keyline no terreno.

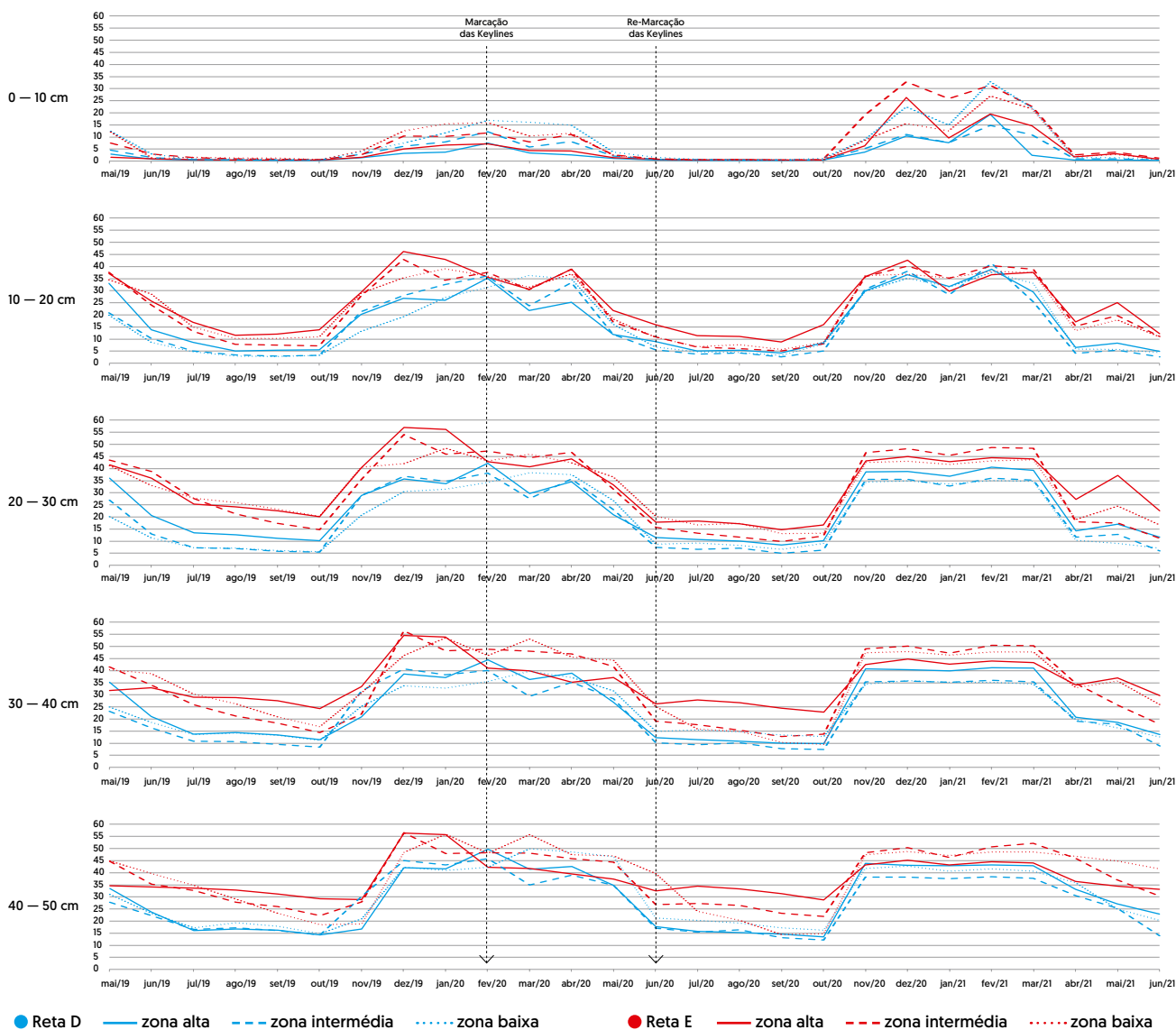
Nos gráficos abaixo podemos observar as retas D (linha azul) e E (linha vermelha) correspondentes respetivamente às parcelas 2 e 3 da exploração A, servindo a primeira de parcela de controlo e estando a segunda marcada com o desenho de Keyline (Figura 22).

Da observação da Figura 22 podemos constatar que os efeitos do Keyline variam com a localização topográfica. Os resultados indicam que o Keyline tem efeito no teor de humidade do solo, mas que esses efeitos variam conforme se trate de uma zona de maior altitude, altitude intermédia ou uma zona de baixa.

Na zona alta os resultados indicam uma maior retenção de humidade nas profundidades de 10 a 40 centímetros, no período de março a julho, quando a redução nos valores de precipitação começa a repercutir-se nos valores de humidade do solo. Na zona intermédia os resultados apontam para uma maior retenção de humidade no solo nas profundidades dos 0 aos 20 centímetros. Pelo contrário, na zona baixa, os resultados apontam para uma redução na retenção de humidade nas profundidades dos 0 aos 10 centímetros, desde a primeira marcação do Keyline, em fevereiro de 2019, com reforço desse efeito após a segunda marcação do Keyline, em junho de 2020. Observa-se assim uma redução do encharcamento na camada mais superficial do solo. Contudo, para as profundidades dos 10 aos 50 centímetros já se observa novamente uma maior retenção da humidade no solo, nos meses de maio a junho, quando este começa a secar. Pode deduzir-se, desta forma, que o Keyline possibilita o aumento da capacidade de retenção da humidade no solo nos meses de verão, amenizando os efeitos da falta de água durante esta estação.

**Figura 22**

Retas D (linhas ● parcela 2 — Controlo) e E (linhas ● parcela 3 — Keyline) da exploração A.



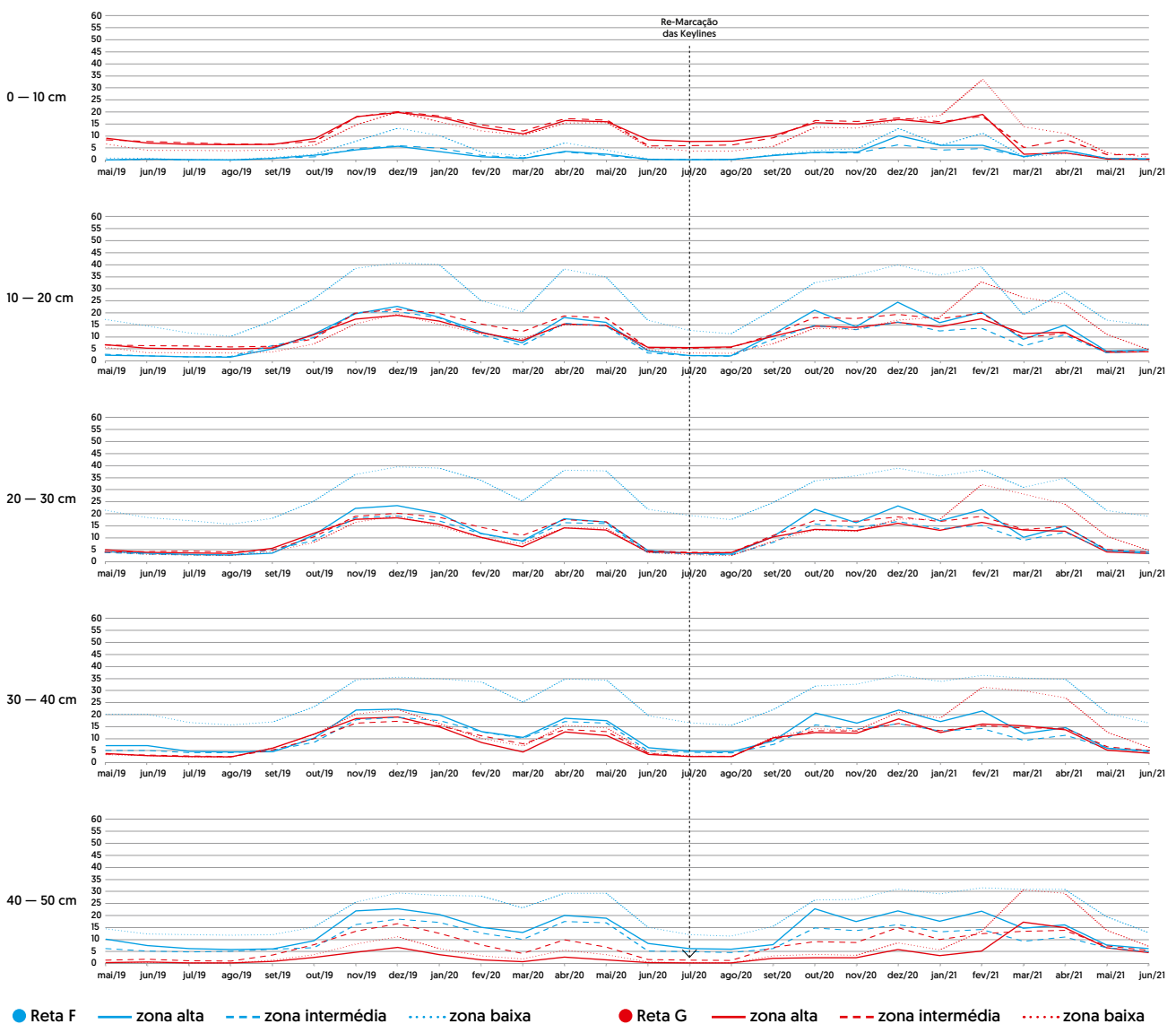
Nos gráficos abaixo podemos observar as retas F (linha azul) e G (linha vermelha) correspondentes respetivamente às parcelas 4 e 5 da exploração B, servindo a primeira de parcela de controlo e estando a segunda marcada com o desenho de Keyline (Figura 23).

Da observação dos resultados dos valores da humidade do solo para esta exploração, observa-se na zona mais alta, um aumento nos valores de humidade na camada mais profunda do solo, dos 40 aos 50 centímetros, com uma diminuição simultânea dos valores da humidade do solo na camada mais superficial, dos 0 aos 10 centímetros, para os meses de março a maio. Nesta situação, que coincidiu com um período de maior precipitação, parece ter ocorrido uma drenagem da água dos níveis mais superficiais para os níveis mais profundos do solo, por efeito do Keyline. No período de maio a julho, observa-se uma redução dos níveis de humidade do solo semelhante tanto na parcela de controlo como na parcela com Keyline.

Nesta situação, correspondente à localização topográfica de maior altitude, o Keyline não teve efeito na retenção da humidade no solo.

Na zona topográfica de altitude intermédia o efeito descrito anteriormente é ainda visível, observando-se uma redução dos valores de humidade na camada superficial de solo, dos 0 aos 10 centímetros e um aumento da humidade do solo nas camadas mais profundas, dos 30 aos 50 centímetros. Estes valores, decorrentes também entre os meses de março a maio, parecem corresponder, mais uma vez, a uma situação de drenagem do excesso de humidade provocado por um valor de precipitação mais elevado, para os níveis mais profundos do solo. Nos meses de maio a julho, observa-se uma redução dos níveis de humidade do solo semelhante tanto na parcela de controlo como na parcela com Keyline. Nesta situação, correspondente à localização topográfica intermédia, o Keyline não teve efeito na retenção da humidade no solo.

**Figura 23**  
Retas F (linhas ● parcela 4 — Controlo) e G (linhas ● parcela — Keyline) da exploração B.





Na zona topográfica de menor altitude também se observa uma diminuição significativa da humidade nas camadas superficiais do solo, dos 0 aos 30 centímetros, no período entre março e maio. Simultaneamente, observa-se um aumento dos valores de humidade do solo nas camadas mais profundas, dos 30 aos 50 centímetros, o que parece corresponder a uma drenagem do excesso de humidade para a zona mais profunda do solo. De forma semelhante ao que ocorreu nas outras localizações topográficas, nos meses de maio a julho, observa-se uma redução dos níveis de humidade do solo semelhante, tanto na parcela de controlo como na parcela com Keyline. Nesta situação, correspondente à localização topográfica de mais baixa altitude, o Keyline não teve efeito na retenção da humidade no solo.

Este efeito diferenciado do Keyline sobre a capacidade do solo em manter a humidade nas explorações A e B, deverá estar relacionado com a textura do solo nas duas explorações. Enquanto na exploração A as frações de areia e limo correspondem a 59,26% e 14,75%, na exploração B são de 71,87% e 20,19%, respetivamente. Já a composição em argila é bastante superior nos solos da exploração A (26,00%) [maioritariamente Franco-Argilosos-Arenosos com variações que vão desde solos Argilosos a Franco-Arenosos] comparativamente à presente nos solos da exploração B (7,94%). [Franco-Arenosos].

Os solos Franco-Arenosos tendem a ter uma reduzida capacidade de retenção da humidade e os baixos teores de matéria orgânica presentes nas parcelas da exploração B (0,52%) não são suficientes para contrariar esta situação.

Desta forma não se recomenda a implementação deste sistema de Keyline neste tipo de solos franco-arenosos ou arenosos, com exceção das zonas que sejam propensas ao encharcamento, onde o Keyline poderá reduzir esta tendência.

Já na exploração A, onde a composição textural do solo conduz, com frequência, a situações de encharcamento ou redução da infiltração até às camadas mais profundas, a implementação do Keyline traz vantagens ao possibilitar o aumento da capacidade de retenção da humidade no solo nos meses de verão, amenizando os efeitos da falta de água durante esta estação e ao facilitar a drenagem da água nas zonas mais baixas, quando ocorre mais precipitação.

## 2.3. Monitorização da pastagem

A monitorização da biomassa vegetal foi efetuada nas parcelas 2 e 3 da exploração A, correspondendo aos pontos de amostragem 28 a 39, e nas parcelas 4 e 5 da exploração B, correspondendo aos pontos de amostragem 40 a 57.

Os pontos de amostragem foram localizados junto dos tubos de medição da humidade do solo. No primeiro ano, 2019, estes pontos foram localizados, na ausência de fatores limitantes, com o canto superior esquerdo do quadrado utilizado para a recolha de biomassa, encostado ao tubo de medição. No ano de 2020, este foi localizado com o canto superior direito encostado ao tubo de medição e no ano de 2021, com o canto inferior direito encostado a este tubo (Figura 24). Como fatores limitantes considerámos a presença de pedras, formigueiros, ou arbustos que ocupassem parte do talhão a recolher.

**Figura 24**

Ponto de amostragem 39. Em 2019 o corte da pastagem foi feito localizando o canto superior esquerdo do quadrado de referência encostado ao tubo de medição.



© Ana Fonseca

A monitorização da pastagem foi feita por determinação do peso seco da pastagem cortada rente ao solo, num quadrado de 25 m<sup>2</sup> (Figura 25). A pastagem de cada ponto de amostragem foi cortada com recurso a uma tesoura elétrica e colocada em sacos de plástico identificados. Após chegada ao laboratório, a biomassa da pastagem de cada ponto foi seca numa câmara de secagem, em sacos de papel, para posterior determinação do peso seco da biomassa recolhida em cada ponto.

**Figura 25**

Pastagem cortada rente ao solo utilizando uma tesoura elétrica, num quadrado de 25 m<sup>2</sup>.



Fez-se também a determinação das espécies vegetais presentes e a sua proporção em cada local de amostragem, por meio de inventário florístico.

No ano de 2019 o corte das plantas foi feito numa época já avançada do ano, 27 de maio e 3 de junho, nas explorações A e B respetivamente, tendo esse facto dificultado a identificação de algumas espécies no campo. Desta forma, em vez de se proceder à realização de inventário florístico no campo, procedeu-se à recolha da biomassa total aérea de cada talhão. As diferentes espécies em cada talhão foram posteriormente separadas e pesadas individualmente, após completamente secas na câmara de secagem (Figura 26).

**Figura 26**

Separação, para identificação e posterior pesagem, das espécies presentes em cada talhão.



Já no ano de 2020, o facto de se ter ido ao campo mais cedo (a 30 de abril e a 8 de maio, nas explorações B e A, respetivamente) possibilitou a realização dos inventários florísticos no campo. Fez-se posteriormente a recolha da biomassa vegetal acima do solo, de cada talhão de amostragem. A biomassa de cada talhão foi ainda seca em câmara de secagem e o peso seco de cada conjunto foi medido com balança digital e registado.

O processo adotado em 2020 foi repetido em 2021 nas datas de 5 e 7 de abril nas explorações A e B, respetivamente.

Os dados obtidos para o ano de 2021 foram tratados de acordo com diferentes métodos estatísticos, em que foram comparados os resultados dos pontos das parcelas de controlo das explorações A e B (retas D e F) com os resultados dos pontos localizados nas parcelas onde se instalou o Keyline (retas E e G).



### 2.3.1. Resultados e discussão

Tendo em consideração que o Keyline só foi aplicado em julho de 2020, os únicos dados analisados foram os recolhidos na primavera de 2021. Da análise desses resultados observou-se uma alteração significativa da composição florística entre a parcela de controlo e a parcela com Keyline na exploração A que se traduziu:

- Num rearranjo das espécies indicadoras de cada tipo de parcela;
- Numa menor riqueza de espécies na parcela com Keyline, compensada por um maior equilíbrio na dominância das diferentes espécies, permitindo manter uma diversidade média semelhante nos dois tipos de parcelas;
- A comunidade florística sofreu alterações e rearranjos após implementação do Keyline, mas manteve-se ecologicamente equilibrada;
- A biomassa manteve-se igualmente baixa em ambas as parcelas;

**Figura 27**

Espécies predominantes na exploração A, parcela 2 de controlo – *Rumex bucephalophorus* a), o *Leontodon taraxacoides* b) e o *Cynodon dactylon* c).



As espécies que se destacaram na exploração A foram o *Rumex bucephalophorus*, o *Leontodon taraxacoides* e o *Cynodon dactylon*, na parcela de controlo (Figura 27) e a *Aira caryophylla*, o *Plantago coronopus*, o *Trifolium subterraneum*, os *Chamaemelum spp.* e a *Carlina racemosa*, na parcela com Keyline (Figura 28).

**Figura 28**

Espécies predominantes na exploração A, parcela 3 com Keyline – *Plantago coronopus* a), o *Trifolium subterraneum* b), os *Chamaemelum spp.* c) e a *Carlina racemosa* d).



Na exploração B:

- Ocorreu uma alteração significativa na composição florística entre a parcela de controlo e com Keyline, que se traduziu num rearranjo das espécies indicadoras de cada parcela;
- A menor riqueza de espécies na parcela com Keyline, acompanhada por um significativo aumento de dominância de algumas destas espécies, resultou numa acentuada redução da diversidade média relativamente à parcela de controlo;
- A comunidade florística sofreu alterações e rearranjos após se fazer o Keyline, que resultaram na dominância de algumas espécies e num menor equilíbrio ecológico;
- A biomassa foi sempre mais elevada do que na exploração A e com valores ainda mais elevados na parcela onde se fez o Keyline, o que pode ser consequência da dominância de algumas espécies ecologicamente mais competitivas;
- Na exploração B destacaram-se o *Plantago coronopus*, o *Plantago lagopus*, a *Tolpis barbata* e a *Vulpia murale*, na parcela de controlo (Figura 29). Na parcela com Keyline destacaram-se a *Tuberaria guttata*, a *Vulpia murale*, a *Tolpis barbata* e a *Hypochaeris glabra* (Figura 30).

Figura 29

Espécies predominantes na exploração B, parcela 4 de controlo – *Plantago lagopus* a) e *Tolpis barbata* b).



© Anabela Belo

Figura 30

Espécies predominantes na exploração B, parcela 5 com Keyline – *Tuberaria guttata* a) e *Hypochaeris glabra* b).



© Anabela Belo

O Keyline teve um efeito distinto nas duas explorações, mas provocou, em ambas, alterações ao nível da pastagem. Na exploração A, mais rica em argilas, as alterações foram pouco significativas ao nível da quantidade de biomassa produzida ou do equilíbrio ecológico da pastagem.

Na exploração B, mais rica em areias, o efeito do Keyline foi mais marcante provocando uma redução na diversidade de espécies presentes e um aumento na produção de biomassa, o que poderá ficar a dever-se à dominância de algumas das espécies mais resistentes à perturbação temporária provocada pela instalação do Keyline.

Uma vez que só temos disponível um ano de dados após se ter instalado o Keyline nas parcelas estes resultados são ainda preliminares. Mais anos de reforço do Keyline nas parcelas, com as respetivas avaliações da qualidade da pastagem, permitirão obter resultados mais consistentes sobre o impacto do Keyline ao nível da pastagem.

Figura 31

Valas marcadas na parcela 1 para melhor reconhecimento do Keyline desenhado na parcela.



© Ana Fonseca



### 3. Conclusões

Dos indicadores avaliados, aquele que demonstrou resultados mais claros foi a humidade do solo medida mensalmente nos tubos instalados nas parcelas.

As variações na qualidade e quantidade da pastagem respondem, embora não de forma muito clara, às alterações na humidade do solo. A qualidade do solo também mostra variações que poderão resultar de uma multitude de fatores, nomeadamente as variações da humidade no solo, mas também o número de operações culturais efetuadas, o crescimento mais ou menos expressivo da biomassa da pastagem, as variações de pH do solo, entre outros fatores.

No caso deste Grupo Operacional só foi possível obter um ano de leituras antes da instalação do Keyline e um ano após a sua instalação, pelo que os valores obtidos não foram muito consistentes e significativos. Uma vez que os processos do solo são lentos, a monitorização por vários anos do sistema Keyline, com remarcação anual, por via dos seus impactos ao nível da constituição do solo, humidade e da quantidade e qualidade da pastagem, poderia dar resultados mais expressivos e eventualmente permitiria identificar relações causais entre diferentes fatores.

Apesar de se terem obtido valores mensais da humidade do solo durante três anos, para a parcela 1, não foi possível fazer uma comparação com um momento inicial, sem Keyline instalado. Esta situação poderia ter sido ultrapassada com utilização de satélite Sentinel 1, por análise e calibração das bandas obtidas pelo satélite com os dados de humidade obtidos pelas leituras mensais. Após calibrado, o modelo correspondente à humidade do solo, possibilitaria a obtenção dos valores de humidade para as parcelas completas e para datas anteriores à da instalação do Keyline na parcela 1.

### 4. Referências

- [1] Godinho, S., Gil, A., Guiomar, N., Neves, N., Pinto-Correia, T., 2016. A remote sensing-based approach to estimating montado canopy density using the FCD model: a contribution to identifying HNV farmlands in southern Portugal. *Agrofor. Syst.* 90, 23–34. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9769-3>.
- [2] Pinto-Correia, T., Guiomar, N., Ferraz-de-Oliveira, M.I., Sales-Baptista, E., Rabaça, J., Godinho, C., Ribeiro, N., Sá-Sousa, P., Santos, P., Santos-Silva, C., Simões, M.P., Belo, A.D.F., Catarino, L., Costa, P., Fonseca, E., Godinho, S., Azeda, C., Almeida, M., Gomes, L., Lopes-de-Castro, J., Louro, R., Silvestre, M., Vaz, M., 2018. Progress in identifying high nature value montados: impacts of grazing on hardwood rangeland biodiversity. *Rangel. Ecol.*
- [3] Godinho, S., Guiomar, N., Machado, R., Santos, P., Sá-Sousa, P., Fernandes, J.P., Neves, N., Pinto-Correia, T., 2016. Assessment of environment, land management, and spatial variables on recent changes in montado land cover in southern Portugal. *Agrofor. Syst.* 90, 177–192. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9757-7>.
- [4] Camilo-Alves, C.S., Vaz, M., da Clara, M.I.E., Ribeiro, N.M.C.A., 2017. Chronic cork oak decline and water status: new insights. *New For.* 48, 753–772. <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9595-3>.
- [5] IPCC (2007) Climate change 2007 — synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Available at: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_synthesis\\_report.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm). Accessed Jan 2011
- [6] Duncan, S., & Krawczyk, T. [2018]. Keyline Water Management: Field Research & Education in the Capital Region.
- [7] Chan, K. Y., & Barchia, I. [2007]. Soil compaction controls the abundance, biomass and distribution of earthworms in a single dairy farm in south-eastern Australia. *Soil and Tillage Research*, 94(1), 75-82.
- [8] Cortés Torres, H., Ramírez Luna, J., Wruck Spillecke, W., Yáñez Kernke, M., & Gómez Garzón, A. [2013]. Utilización eficiente del agua de lluvia mediante el diseño y trazo hidrológico de terrenos en áreas de precipitación limitada.
- [9] RIBEIRO, L. N. A dialética da agroecologia: contribuição para um mundo com alimentos sem veneno. São Paulo: Expressão Popular [Resenha]. Ano, 17, 186-191.
- [10] Dumont, A. M., Vanloqueren, G., Stassart, P. M., & Baret, P. V. [2016]. Clarifying the socioeconomic dimensions of agroecology: between principles and practices. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(1), 24-47.
- [11] del Carmen Ponce-Rodríguez, M., Carrete-Carreón, F. O., Núñez-Fernández, G. A., de Jesús Muñoz-Ramos, J., & Pérez-López, M. E. [2021]. Keyline in Bean Crop [*Phaseolus vulgaris* L.] for Soil and Water Conservation. *Sustainability*, 13(17), 9982.
- [12] <http://rainalgoma.ca/wp-content/uploads/2017/01/Keyline-Plowing-Soil-Nutrients-and-Grass-Yield-2016.pdf>

## Anexos

### Equipamento utilizado no âmbito do projeto ECOMONTADO XXI

- AMS Gas Powered Core Sampling Kit com:

Gas Powered REDI Boss Hammer, (1) 4ft. Deluxe AMS Carrying Case, (1) 3ft. Deluxe AMS Carrying Case, GP Slotted Sampler Tube 4ft., (2) GP Upper Extensions 2ft., (2) GP Lower Extensions 2ft., GP Drive Head Adapter, (2) 12in. Pipe Wrenches, Clean Out Spoon, GP Drive Tip, GP Liner Retainer Coupler, AMS Foot Jack, 2in. Foot Jack Shackles (1 Set of 2), 1-1/2in. Core Catcher, Cleaning rods with brushes & T-handle, (4) plastic end caps, (1) plastic liner 1.5in. x 4ft & (1) plastic liner 1.5in. x 2ft.



- Um equipamento Diviner 2000 da Sentek, que inclui:

aparelho para registo de dados, cabo de ligação deste aparelho ao computador, cabo de carregamento deste aparelho com ligação à rede eléctrica, cabo de carregamento deste aparelho com ligação ao isqueiro do veículo automóvel, mala de transporte deste aparelho de registo de humidades, sensor a inserir dentro dos tubos de medição de humidade, cabo de ligação deste sensor ao aparelho de registo de leituras de humidade, mala de protecção e transporte do sensor com o qual se fazem as leituras de humidades, manual de utilização do equipamento, um Diviner 2000 Irrigation Management Chart, tubo de calibração.



- Programa da Irrimax/Sentek com password para um computador, para tratamento prévio dos dados.
- 43 tubos.
- Broca manual, azul para fazer buracos para instalar estes tubos.
- Ponta branca maciça para martelar os tubos sem os estragar.
- Aparelho em forma de aranha verde e outro dourado, que em conjunto servem para retirar os tubos utilizando um tractor.

Os tubos, tampas e restante material da lista, com excepção do “AMS Gas Powered Core Sampling Kit” foi vendido pela Aquagri | Gestão de Rega – <https://www.aquagri.eu>.



# MANUAL TÉCNICO DO GRUPO OPERACIONAL ECOMONTADO XXI — A AGROECOLOGIA APLICADA AO DESIGN DO MONTADO NOVO



## Mais informações em

[www.apfc.pt/id-ensaios.php](http://www.apfc.pt/id-ensaios.php)  
[www.ecomontadoxxi.uevora.pt](http://www.ecomontadoxxi.uevora.pt)

## Líder de Projecto e Parceiro

Sociedade Agrícola do  
Freixo do Meio, Lda. (SAFM)



## Parceiros

Universidade de Évora (UE)



Associação de Produtores Florestais do  
Concelho de Coruche e Limitrofes (APFC)



## Ficha Técnica

**Edição:**  
Associação de Produtores  
Florestais do Concelho de  
Coruche e Limitrofes (APFC)

**Equipa técnica:**  
Ana Margarida Pinto da Fonseca\*  
Ricardo Ramos da Silva\*\*  
Alfredo Cunhal Sendim\*\*  
Rui Manuel de Almeida Machado\*  
Ana Cátia Vasconcelos\*\*  
Anabela Dias Ferreira Belo\*  
Margarida Veríssimo Gaspar\*\*\*

\* Universidade de Évora  
\*\* Sociedade Agrícola do Freixo do Meio, Lda.  
\*\*\* Associação de Produtores Florestais  
do Concelho e Coruche e Limitrofes

**Design Gráfico, Paginação  
e Preparação Gráfica:**  
WhiteSpace – Creative  
Communication Unip. Lda.

**Impressão e Acabamento:**  
WhiteSpace – Creative  
Communication Unip. Lda.

**Tiragem:**  
500 exemplares

Coruche, Dezembro 2021

