

1.INTRODUÇÃO

A terra é um meio dinâmico sujeito a permanentes mudanças, sendo a remoção e redistribuição da matéria um fenómeno tão antigo como o planeta. A erosão geológica ou natural, denominação que normalmente se dá a este processo, principiou no instante em que soprou a primeira brisa e caíram as primeiras gotas de água, atua sem intervenção do homem e participa na formação dos solos (Castro, 1965). Os solos são formados a partir da decomposição das camadas rochosas. Em função do tipo de rocha, formaram-se diferentes solos ao longo do tempo, ou ainda, estão em vias de formação. A estrutura e as características dos solos, assim como a sua capacidade de assegurar o crescimento das plantas, variam segundo as dimensões das partículas de solo e a composição das matérias orgânicas e minerais.

A água e o vento removem e transportam as partículas do material meteorizado, depositando-o em locais mais ou menos distantes. Assim, sobre um determinado material originário com certo relevo, perante um certo clima e vegetação, estabelecer-se-á um processo evolutivo que se expressa por um equilíbrio dinâmico entre o clima, vegetação e solo (Tricart, 1965). Este equilíbrio natural estará ligado a um relevo dinâmico específico e depende do tempo. É um processo extremamente lento.

Enquanto o equilíbrio dinâmico natural não se tiver modificado, o processo desenvolve-se a um ritmo tal que a redistribuição de partículas, compensa, em termos gerais, a formação do solo.

Quando o homem começa a utilizar o solo em seu proveito, destrói a vegetação protetora, faz arroteias para semear plantas úteis, submetendo o solo a mobilizações periódicas. Então o processo de remoção e redistribuição de partículas, adquire outra intensidade e dinâmica e pode tornar-se altamente prejudicial. Na realidade a transformação do material originário do solo, prossegue com a mesma lentidão perante as específicas condições ambientais, enquanto os agentes de remoção e redistribuição, pela menor resistência que lhes é oferecida, aceleram a sua ação até limites inimagináveis. Esta remoção e redistribuição mais intensa das partículas, denomina-se erosão acelerada. Não é mais do que a evolução rápida e localizada do relevo dentro de outro mais geral (Pouquet, 1967).

Para que se possa ter uma ideia do enorme equilíbrio resultante, basta ter em conta que em determinadas condições são necessários vários séculos para se formar 1cm de espessura de solo, enquanto em solos com elevado declive e não protegidos, basta alguns aguaceiros para o arrastar. Assim a erosão geológica ou natural é um processo geral e extremamente lento, enquanto a erosão acelerada se insere no quadro espacial daquela e em termos de escala temporal, pode-se considerar um processo praticamente instantâneo.

Como o homem obtém do solo praticamente todos os seus alimentos e muitos materiais para abrigo, a remoção acelerada de partículas do solo, afeta-o de forma direta. Por isso ao longo dos séculos, como aconteceu em praticamente todas as antigas civilizações, a capacidade criadora do homem tem desenvolvido sistemas que permitem utilizar o solo sem que este sofra perdas drásticas de materiais.

A primeira etapa na conservação do solo consiste em impedir a sua perda devido à erosão. A camada arável é particularmente vulnerável à erosão se não for protegida por plantas ou por folhagem seca de proteção ou por outras medidas cautelares de proteção. Depois da perda da camada arável, o solo é geralmente menos produtivo, o que resulta num rendimento fraco das culturas. O desafio consiste, pois, em proteger o solo, utilizando-o para a produção alimentar e outras atividades não alimentares.

A erosão do solo é causada principalmente pelo vento e pela água (fatores naturais), mas também por práticas de cultivo incorretas (fator humano). A chuva e o vento mobilizam as partículas do solo, para grande distância. Quando o solo está descoberto ou quando a vegetação é pobre, a água da chuva escorre superficialmente, em vez de se infiltrar, levando consigo a frágil camada arável. Uma vez erosionado, o solo está definitivamente perdido.

É sobre o solo e a água que a agricultura exerce maior pressão, sendo no nosso país estes recursos particularmente sensíveis. A grande maioria dos solos do Continente são pobres, o que associado ao acidentado do relevo aumenta o risco da sua degradação.

A agricultura utiliza um número muito reduzido de espécies vegetais em relação ao total que existem na Natureza, e concentra a sua produção, cada vez mais, num conjunto muito pequeno de variedades altamente produtivas. Esta tendência tem constituído uma ameaça à perda de património genético, o qual importa preservar para garantia da diversidade biológica que é essencial ao equilíbrio do meio. Sendo muito antiga a utilização agrícola do nosso território, esta atividade deu origem às paisagens rurais que hoje conhecemos e admiramos, sendo responsável pela manutenção de uma parte considerável da fauna e flora selvagens que encontram refúgio, alimentação e condições de desenvolvimento nos campos agrícolas. Se tivermos em conta, ainda, a grande extensão do território nacional que é ocupado pela atividade agrícola e florestal – cerca de 80% - mais importante é a necessidade de garantir uma gestão racional dos recursos naturais através da aplicação de técnicas e práticas adequadas que assegurem a perpetuação tanto da própria atividade como das outras formas de vida que, com ela, coexistem ou dela dependem.

A causa mais importante da degradação do solo em Portugal Continental é a erosão provocada pela água da chuva, resultando daí a perda de partículas das suas camadas superficiais, reduzindo a espessura e a fertilidade da terra arável.

Outra consequência da erosão é o assoreamento dos rios e das albufeiras pelo depósito dos materiais arrastados pela água. O arrastamento das partículas do solo torna-se mais intenso em encostas, causando, deste modo, a perda da sua fertilidade. Mas a erosão pode ser agravada pela atividade agrícola, como consequência da aplicação de práticas culturais incorretas, nomeadamente:

- Rotações culturais desajustadas às características do solo e/ou do clima, inexistência de rotações ou permanência do solo nu durante a época das chuvas. Esta situação é mais grave nos sistemas de monocultura intensiva;
- Excesso de mobilização do solo - operações demasiado frequentes ou utilização de equipamentos que pulverizam excessivamente o solo e não deixam resíduos da cultura anterior na superfície;
- Mobilização do solo segundo a linha de maior declive em terrenos declivosos;
- Execução de operações culturais quando o solo apresenta condições de humidade inadequadas;
- Instalação “ao alto” de pomares, olivais ou vinhas em terrenos de declive acentuado, sem proteção do solo durante a época das chuvas ;
- Uso de métodos de rega inadequados às condições do terreno e má gestão da água, sobretudo em parcelas onduladas;
- Deficiente distribuição das culturas pelas diferentes parcelas da exploração agrícola.

O solo é o principal fornecedor de nutrientes e de água às plantas, dependendo o nível de fertilidade das suas características físicas, químicas e biológicas. Para preservar e melhorar a fertilidade do solo é preciso usar técnicas culturais que tenham efeito direto sobre as suas características, sendo para isso fundamental, nas nossas condições, aumentar o seu teor em matéria orgânica, fertilizar racionalmente as culturas e corrigir a acidez do solo.

A maioria dos solos em Portugal Continental, com exceção das áreas de maior pluviosidade, como, por exemplo, a Região de Entre - Douro e Minho, apresenta baixos níveis de matéria orgânica. Nas restantes regiões, as condições climáticas (pouca humidade e temperaturas elevadas) favorecem a perda de matéria orgânica através da sua decomposição.

A prevenção da erosão do solo requer a utilização de um conjunto de práticas agrícolas capazes de impedir a perda da camada superficial do solo, que é a mais fértil. Para além disso, durante o processo de erosão há um arrastamento seletivo de elementos, argila e matéria orgânica preferencialmente. Assim, não só se verifica uma perda quantitativa do solo mas, principalmente, uma diminuição da qualidade do solo.

Este estudo tem como objetivo principal verificar a evolução do fator enriquecimento do solo, em função de uma determinada rotação cultural, que foi levada a cabo no Centro Experimental de Erosão de Vale Formoso e em que vêm sendo recolhidas amostras de sedimentos à vários anos tendo sido considerado para este trabalho o período compreendido entre os anos de 1969 e 1976 nos talhões nº(s). 8, 9, 12, 13 14 e 15. É de salientar, que a abordagem do enriquecimento do solo estabelece, a relação entre, rotação cultural, escoamento e erosão.

2. SUSTENTABILIDADE VERSUS POLÍTICA AGRÍCOLA COMUM - ESTRATÉGIA EUROPEIA PARA A CONSERVAÇÃO DO SOLO

2.1. ESTRATÉGIA EUROPEIA PARA A CONSERVAÇÃO DO SOLO

A importância da proteção do solo é reconhecida pela Comunidade Europeia ao integrar esta temática determinante na Política Agrícola Comum.

A formação de solo resulta de um processo geológico com uma dinâmica natural em equilíbrio. Esse equilíbrio, é permanentemente perturbado pela ação humana, decorre num tempo em que a dimensão humana colide com o tempo geológico necessário à formação do solo. O desafio atual terá como principal objetivo, garantir a sustentabilidade do solo como património de elevado potencial, adequando as atividades humanas com esse princípio, de modo a conservar e aumentar o “capital” a que o solo corresponde. Assim, a conservação e preservação do solo, não é problema exclusivamente Português, mas sim um problema com dimensão mundial, assumindo uma importante reserva estratégica para qualquer País. Trata-se de um património que encerra determinado potencial que ultrapassa a dimensão da escala humana, representando o mais importante sustentáculo para as suas atividades.

A degradação do solo nas suas diversas formas é um problema fundamental e persistente. Em muitas partes do mundo a situação é idêntica ou mais grave do que na Europa. Trata-se também de uma questão de desenvolvimento a nível mundial - dado que a degradação do solo, a pobreza e a migração se reforçam mutuamente - que é, porém, largamente ignorada pois o impacto observado é gradual.

Sendo Portugal um membro da Comunidade Europeia, é importante e atual ter como referência o “Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu”, documento bastante abrangente e que reflete as preocupações da Europa acerca da importância do solo.

2.2. A DEGRADAÇÃO DO SOLO PROSSEGUE ...

- **Política Agrícola Comum (PAC).** Desde a introdução da condicionalidade em 2003, os aspetos relativos à proteção do solo fazem parte integrante das **boas condições agrícolas e ambientais (BCAA)**. Foi dada ênfase à limitação da erosão, à retenção e aumento da matéria orgânica e à prevenção da compactação. Com base na experiência adquirida, a Comissão propôs, em outubro de 2011, a continuação da clarificação e especificação das normas relativas aos solos no contexto da reforma geral da PAC no horizonte de 2020¹. Propôs, nomeadamente, novas BCAA relativas à proteção da matéria orgânica, incluindo a proibição da queima do restolho e a obrigação de não arar zonas húmidas e solos ricos em carbono.

No período 2007-2013, 21,4 % da superfície agrícola utilizada deverão ser abrangidos por medidas que visam a qualidade do solo, 30,7 % por medidas destinadas a evitar a marginalização e 33,0 % por medidas de proteção da biodiversidade².

¹ http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/legal-proposals/index_en.htm.

² COM(2011) 450.

- Um novo modelo recente de erosão hídrica do solo construído pelo CCI estimou em 1,3 milhões de km² a superfície afetada na UE-27 (ver figura 1). Em quase 20 % dessa superfície a perda de solo excede 10 t/ha/ano. A erosão não é apenas um problema grave para as funções do solo (só no Reino Unido o seu custo anual está estimado em 53 milhões de EUR³), tendo também impacto na qualidade da água doce, pois transfere nutrientes e pesticidas para as massas de água. Por exemplo, as perdas de fósforo devidas à agricultura excederam 0,1 kg/ha/ano em grande parte da Europa, mas foram superiores a 1,0 kg/ha/ano em zonas críticas⁴. A solução do problema da erosão contribuirá assim de forma determinante para alcançar os objetivos da UE relativos à água. A erosão dos solos é especialmente intensiva nas zonas afetadas por incêndios florestais, tendo sido estimada em 500 000 ha/ano pelo Sistema de Informação sobre Incêndios Florestais na Europa (EFFIS)⁵.

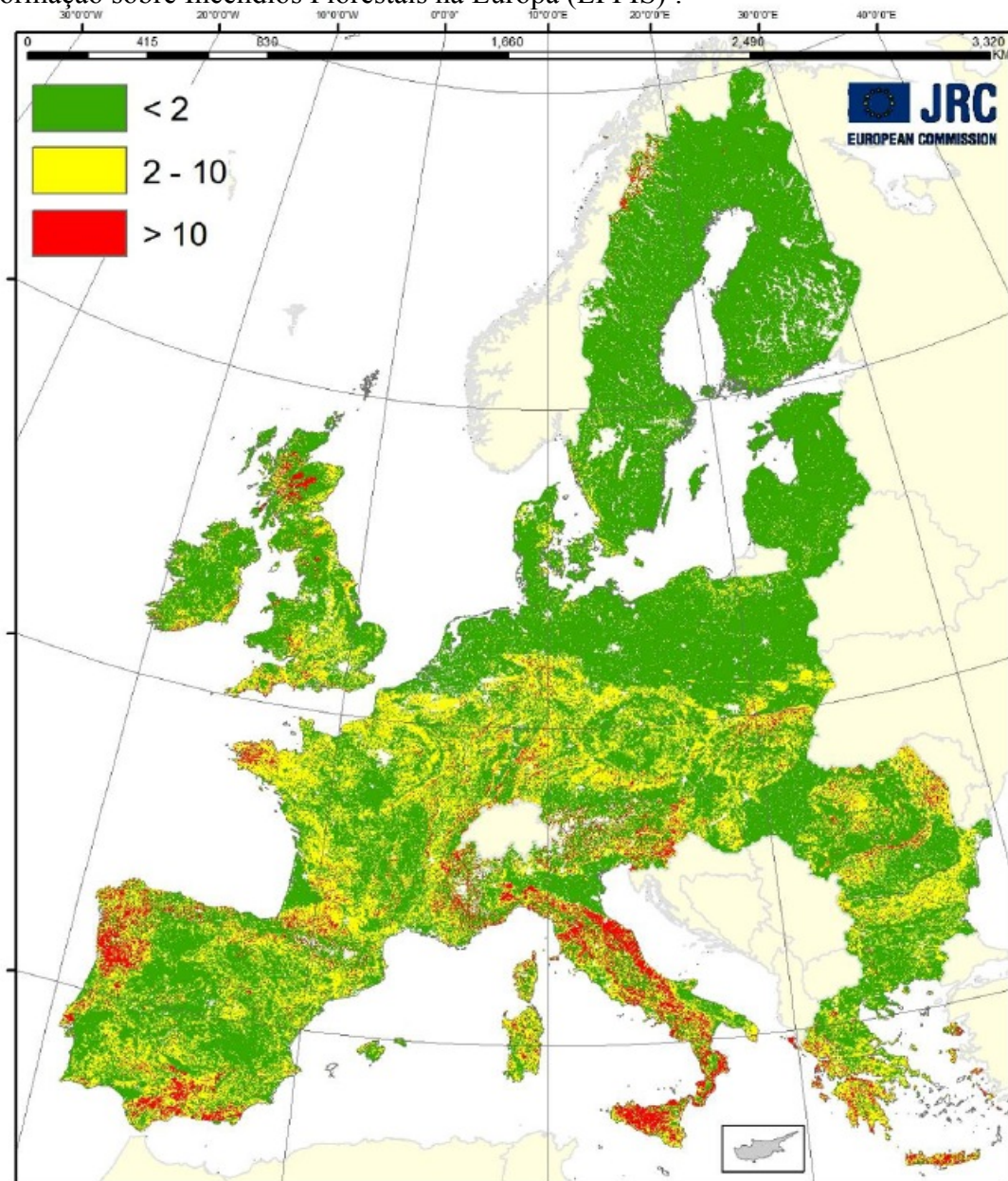


Figura 1 – Erosão hídrica dos solos na UE (t/ha/ano)

³ *Safeguarding our Soils. A Strategy for England*, DEFRA, 2009, p. 11.

⁴ <http://www.eea.europa.eu/soer/europe/freshwater-quality>.

⁵ <http://effis.jrc.ec.europa.eu>.

2.3. DESAFIOS ATUAIS E FUTUROS

Tanto na UE como a nível mundial, a degradação dos solos aumentou na última década. Esta tendência deverá prosseguir se não forem tratadas diversas questões:

- **Uso do solo.** O crescimento da população mundial, o aumento do consumo de carne e produtos lácteos nas economias emergentes e a utilização crescente de biomassa para produção de energia e outros fins industriais conduzirão, a nível mundial, a um aumento do uso do solo e da sua degradação potencial. Ao mesmo tempo, esta tendência será exacerbada por fenómenos meteorológicos ligados às alterações climáticas, pela desertificação e pelo uso de terras para urbanização e infraestruturas. Esta questão é importante para a Europa, pois a luta pelos recursos em terra e hídricos cria graves riscos de desequilíbrios geopolíticos. Além disso, a degradação dos solos conduz a uma diminuição mundial da quantidade de terras multifuncionais.
A UE ficará pois, no futuro, ainda mais dependente dos seus recursos finitos em terras – que incluem alguns dos solos mais férteis do mundo – e da sua utilização sustentável.
- **Conservação da matéria orgânica do solo.** Os solos da UE contêm mais de 70 mil milhões de toneladas de carbono orgânico, o que praticamente equivale às nossas emissões anuais de gases com efeito de estufa, multiplicadas por cinquenta. No entanto, a produção agrícola intensiva e contínua pode levar a um declínio da matéria orgânica do solo. Em 2009, as superfícies cultivadas na Europa emitiram, em média, 0,45 toneladas de CO₂ por hectare (grande parte das quais resultaram da conversão de terras)⁶. A conversão das turfeiras e a sua utilização são especialmente preocupantes. Por exemplo, embora só 8 % das terras agrícolas na Alemanha se situem em turfeiras, essas terras são responsáveis por cerca de 30 % da totalidade das emissões de gases com efeito de estufa produzidas por todo o setor agrícola alemão⁷. No entanto, com medidas de gestão adequadas, a matéria orgânica do solo pode ser conservada e mesmo aumentada. Além das turfeiras, deve ser dada especial atenção à conservação das pastagens permanentes e à gestão dos solos florestais, dado que o carbono destes últimos chega a datar de há 400 a 1000 anos⁸. A manutenção das reservas de carbono é, pois, essencial para o cumprimento dos compromissos presentes e futuros da UE em matéria de redução das emissões.
- **Utilização mais eficiente dos recursos.** A agricultura está muito dependente da fertilidade dos solos e da disponibilidade de nutrientes. A título de exemplo, nos últimos 30 anos foram utilizados anualmente para esse fim 20 a 30 milhões de toneladas de fósforo, maioritariamente provenientes do exterior da UE. Os fertilizantes fosfatados utilizados na UE contêm impurezas de cádmio que se acumulam no solo. Ao mesmo tempo, são produzidas anualmente grandes quantidades de estrume, biorresíduos e lamas de depuração, que são por vezes eliminadas não obstante conterem nutrientes e matéria orgânica. Uma via a seguir para abordar a segurança do abastecimento, melhorar as condições do solo e limitar a poluição pelo cádmio consiste em assegurar a recolha, tratamento e uso adequados desses resíduos.

⁶ <http://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2011>.

⁷ http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/report_conf.pdf, p. 17.

⁸ *Ibid.*, p. 13

2.4. ATIVIDADES EM CURSO

Perante os desafios atrás referidos e o facto de a degradação dos solos na Europa prosseguir, torna-se importante que a UE melhore a forma como lida com as questões relativas aos solos, sobretudo na ausência de legislação da União. Ainda que a estratégia temática relativa ao solo tenha contribuído para dar maior visibilidade a estas questões, cinco anos após a sua adoção continua a não existir uma proteção e um seguimento sistemáticos da qualidade do solo na Europa. Significa isto que os conhecimentos sobre o estado e a qualidade dos solos se mantêm fragmentados e que a proteção do solo não é realizada de forma efetiva e coerente em todos os Estados-Membros.

Por seu lado, a Comissão prossegue as seguintes atividades em conformidade com a estratégia:

- Iniciativas de **sensibilização** (por exemplo, conferências, publicações, campanhas públicas), formações para jovens investigadores, integração das questões ligadas ao solo e à proteção do solo em eventos de informação e formação financiados pela UE, bem como informações concretas sobre os solos para as presidências rotativas do Conselho (por exemplo, materiais de informação sobre os tipos de solos nacionais).
- Apoio a projetos de **investigação**, sobretudo nos domínios do desabamento de terras, da impermeabilização do solo, das funções do solo e sua ligação à biodiversidade, dos ciclos do carbono e do azoto do solo (com destaque para a recuperação das turfeiras), da fertilidade do solo e da reciclagem de nutrientes na agricultura. Continuação da expansão das atividades do Centro Europeu de Dados sobre Solos, que reúne informações e dados sobre solos a nível europeu.
- Para consolidar a **monitorização** harmonizada dos solos com uma série de objetivos, incluindo a segurança do abastecimento alimentar e a segurança dos alimentos, a contaminação difusa e a atenuação das alterações climáticas e adaptação às mesmas, a Comissão está a analisar a possibilidade de repetir as avaliações dos solos a intervalos regulares (cinco a dez anos), utilizando também novas técnicas de teledeteção. Esta monitorização harmonizada será aplicada em sinergia com a decisão sobre o mecanismo de vigilância⁹, atualmente em revisão. O programa de Monitorização Global do Ambiente e da Segurança (GMES)¹⁰ constituirá também uma fonte de informação, em especial sobre a impermeabilização do solo.
- Maior **integração** da proteção do solo nas diferentes políticas. A Comissão desenvolve atualmente uma Parceria Europeia de Inovação para a produtividade e sustentabilidade agrícolas (*European Innovation Partnership on Agriculture Productivity and Sustainability*) com especial ênfase na gestão dos solos, incluindo a utilização eficiente dos recursos e o uso sustentável dos solos agrícolas. Envidará esforços no contexto da Estratégia da UE para a biodiversidade no horizonte 2020¹¹, tendo em vista melhorar os conhecimentos e a sensibilização em relação à biodiversidade do solo.

⁹ Decisão n.º 280/2004/CE.

¹⁰ Regulamento (UE) n.º 911/2010.

¹¹ COM(2011) 244.

- A Comissão está ativamente empenhada com os Estados-Membros na discussão das medidas relativas aos solos no âmbito do roteiro para uma utilização eficiente dos recursos¹², bem como da PAC e da política regional. Por último, a Comissão finalizará diretrizes relativas à forma de limitar, atenuar e compensar a impermeabilização do solo, que servirão de apoio ao desenvolvimento do plano de proteção dos recursos hídricos da Europa¹³ e serão utilizadas na aplicação da política de coesão
- No respeitante à **legislação**, a Comissão efetuará em 2012 a revisão da diretiva relativa à avaliação do impacto ambiental¹⁴, o que permitirá uma melhor integração das questões relativas ao solo numa fase inicial do planeamento de projetos. Além disso, a Comissão analisará como criar incentivos para reduzir as emissões de carbono e **conservar a matéria orgânica do solo através da contabilização do uso dos solos**, da reafetação dos solos e das florestas (LULUCF), como parte do compromisso assumido pela UE, relativamente a 2020, em matéria de alterações climáticas.
- Além das ações a nível interno, a Comissão envidará esforços a **nível internacional** para favorecer a constituição de um painel intergovernamental sobre solos no contexto da Parceria Mundial para o Solo patrocinada pela FAO¹⁵. Juntamente com a Alemanha e o secretariado da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (CNUCD), a Comissão apoia ativamente uma iniciativa sobre a economia da degradação dos solos¹⁶ para estabelecer incentivos ao investimento em políticas de gestão sustentável dos solos. Além disso, avaliará o interesse de declarar a UE como parte afetada no âmbito dessa convenção¹⁷.
O Parlamento Europeu, o Conselho, o Comité Económico e Social Europeu e o Comité das Regiões são convidados a apresentar os seus pareceres sobre o presente relatório com vista a proteger os solos da Europa, assegurando simultaneamente a sua utilização sustentável.”

¹² COM(2011) 571.

¹³ http://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/index_en.htm.

¹⁴ Diretiva 85/337/CEE.

¹⁵ <http://www.fao.org/news/story/en/item/89277/icode/>.

¹⁶ <http://www.ifpri.org/blog/economics-land-degradation>.

¹⁷ A Bulgária, a Grécia, a Espanha, a Itália, Chipre, a Letónia, a Hungria, Malta, Portugal, a Roménia a Eslovénia e a Eslováquia declararam-se partes afetadas pela desertificação no âmbito da CNUCD.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo faz-se uma abordagem das causas e consequências da erosão dos solos, bem como algumas referências ao factor de enriquecimento do solo.

3.1. EROSÃO GEOLÓGICA E EROSÃO ACELERADA

A Terra é um meio dinâmico sujeito a permanentes mudanças, sendo a remoção e redistribuição da matéria um fenómeno tão antigo como o planeta. A erosão geológica ou natural denominação que normalmente se dá a este processo, principiou no instante em que soprou a primeira brisa e caíram as primeiras gotas de água, atua sem intervenção do Homem e participa na formação dos solos (Castro, 1965). A água e o vento removem e transportam as partículas do material meteorizado, depositando-o em locais mais ou menos distantes. Assim, sobre um determinado material originário com certo relevo, perante um certo clima e vegetação, estabelecer-se-á um processo evolutivo que se expressa por um equilíbrio dinâmico entre o clima, vegetação e solo (Tricart, 1965). Este equilíbrio natural estará ligado a um relevo dinâmico específico e depende do tempo. É um processo extremamente lento.

Enquanto o equilíbrio dinâmico natural não se tiver modificado, o processo desenvolve-se a um ritmo tal que a redistribuição de partículas, compensa, em termos gerais, a formação do solo.

Quando o homem começa a utilizar o solo em seu proveito, destrói a vegetação protetora, para semear plantas úteis, submetendo o solo a mobilizações periódicas. Então o processo de remoção e redistribuição de partículas, adquire outra intensidade e dinâmica e pode tornar-se altamente prejudicial. Na realidade a transformação do material originário do solo prossegue com a mesma lentidão perante as específicas condições ambientais, enquanto os agentes de remoção e redistribuição, pela menor resistência que lhes é oferecida, aceleram a sua ação até limites inimagináveis. Esta remoção e redistribuição mais intensa das partículas denomina-se erosão acelerada. Não é mais do que a evolução rápida e localizada do relevo, dentro de outro mais geral (Pouquet, 1967).

A degradação do solo pode assumir diversas formas (Steiner, 1994): erosão (hídrica e eólica, com perda de solo superficial), química (perda de elementos nutritivos, salinização e acidificação), biológica (perda de matéria orgânica e de atividade biológica) e física (compactação, encrostamento).

Os agentes principais da erosão do solo são a água e o vento, mas em Portugal a erosão é, essencialmente, de origem hídrica. O risco de perda de solo depende de fatores climáticos (energia da precipitação), do tipo de solo (textura e estabilidade da estrutura), da topografia (declive e comprimento da encosta) e do tipo de utilização do solo (sistema de culturas, grau de proteção do solo pelas culturas e seus resíduos e intensidade do sistema de mobilização). As técnicas de mobilização reduzida ou de conservação do solo são medidas conducentes ao melhoramento do grau de agregação do solo, ao aumento da capacidade de retenção e de infiltração de água no solo e à redução, retenção ou controlo do escoamento de água superficial, perda de solo e da consequente poluição química por contaminantes inorgânicos e orgânicos dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

A intensidade e frequência da precipitação, associada a uma má gestão do solo nas áreas cultivadas, são as principais causas da erosão do solo, correspondendo aos fatores extrínsecos.

Quanto à erosão hídrica salienta-se três formas correntes de ocorrência:

- Erosão por camadas - uma camada fina superior do solo é removida da camada mãe, pelo impacto da chuva. Com a erosão por camadas, os materiais soltos do solo acumulam-se entre finas linhas de areia depois de uma chuvada.

- Erosão em sulcos - as águas correm em pequenas depressões à superfície da terra e cavam pequenos canais no solo. A erosão faz-se ao longo destes canais.
- Erosão em ravina - forma-se ao longo de uma depressão natural à superfície do solo ou em declives. A ravina avança ao longo da encosta na direção oposta à do escoamento da água. As ravinas são a marca de uma forte erosão.

A erosão eólica produz-se sobretudo em solos leves e em terras nuas. Os ventos violentos causam grandes danos. É um problema comum nas regiões secas e semiáridas, assim como nas regiões que sofrem chuvas sazonais.

Contrariamente à água, que só causa erosão em encostas, o vento pode mobilizar tanto o solo dos terrenos planos como dos terrenos de encosta. Também pode transportar as partículas de solo através da atmosfera e depositá-las muito longe. Os solos vulneráveis à erosão do vento são secos, soltos, leves, com pouca ou nenhuma cobertura vegetal.

3.2. PERDA DE NUTRIENTES

O processo da perda de nutrientes nos solos, resulta da acção de vários fatores, tais como, as remoções dos resíduos das colheitas, as perdas por erosão, as perdas gasosas e as perdas causadas pela lixiviação (Stroosnijder *sd*; Barrows & Kilmer 1963). Todos estes processos contribuem para que haja perda de nutrientes, mas a erosão é sem dúvida o principal responsável por estas perdas.

Os nutrientes no processo erosivo podem ser perdidos de duas formas: absorvidos e/ou adsorvidos nas partículas sólidas ou dissolvidos na água de escoamento superficial. Vários investigadores (White 1986 in Palis *et al.* 1990^a; Zhu *et al.* 1989; Foster *et al.*, 1985; Schuman *et al.* 1973^{a,b} in Sharpley 1985; Alberts *et al.* 1978; Holt *et al.* 1979; in Alberts & Moldenhauer 1981; Klingebiel 1972) afirmam ,que grande parte das perdas de alguns nutrientes principais, em solos agrícolas com maior ou menor declive, está associada aos sedimentos do escoamento superficial.

O processo de drenagem profunda ou de lixiviação também contribui, de forma condicionada para a perda de nutrientes. No caso de chuvas abundantes, de sistemas de rega mal calculados, a água vai-se infiltrando pode movimentar-se e atingir zonas abaixo da raiz, arrastando consigo substâncias químicas móveis, em especial nutrientes. Desta forma os nutrientes não são absorvidos pelas plantas, podendo comprometer a qualidade da água subterrânea.(Agus & Cassel 1992).

Não só se perdem nutrientes com a fracção sólida do escoamento superficial mas também e particularmente na fracção argilosa onde grande parte se encontra adsorvida (Young & Onstad 1978 in Alberts *et al.* 1981). Assim é de grande importância conhecer o tamanho das partículas e dos agregados, a sua densidade e composição, pois esta informação é muito importante para avaliar e determinar a perda de nutrientes.

Consoante o tipo e a intensidade do processo de erosão assim varia o tamanho das partículas erodidas (Palis *et al.* 1990 a; Alberts *et al.* 1980). Na sequência de um processo erosivo deverão corresponder valores de perda de nutrientes a ele associado, sendo função da forma como se desenvolve o episódio.(Foster *et al.* 1985; Ghadiri & Rose 1991 a,b; Palis *et al.* 1990 a,b).

A perda de nutrientes é condicionada por vários fatores, nomeadamente o coberto vegetal, o uso do solo, o tipo de mobilização, a precipitação, o tipo de solo, as práticas de conservação, a topografia, estes são alguns dos fatores mais estudados (Gaynor & Findlay 1995; Sombatpanit et al. 1995; Cambardela & Elliott 1993; Chichester & Richardson 1992; Mclsaac et al 1991; Dillon et al 1991; Palis et al 1990; Gross et al 1990; Zhu et al 1989; Owens et al 1989; Alberts et al 1981, Mc Gregor 1980), são factores sobre os quais se pode interferir de modo a diminuir as perdas de nutrientes.

Ocorrem alterações, na fertilidade dos solos e na conservação das linhas de água, com a remoção selectiva dos nutrientes, tanto dos sedimentos como da água do escoamento superficial (Stroosnijder 1995; Korentajer *et al.* 1991; Sharpley 1985). Stroosnijder (1995) afirma que em países desenvolvidos onde a prática da agricultura envolve elevados investimentos, existe uma maior preocupação com os efeitos a jusante, no que se refere à qualidade dos recursos hídricos. Em contrapartida, nos países menos desenvolvidos nos quais se pratica uma agricultura de baixo investimento, existe um maior interesse em salvaguardar os efeitos a montante. A importância desde aspecto é ainda mais preocupante uma vez que as perdas de nutrientes, estão normalmente associadas as perdas de matéria orgânica (Stroosnijder 1995).

A prevenção da erosão do solo requer a utilização de um conjunto de práticas agrícolas capazes de impedir a perda da camada superficial do solo, que é a mais fértil. Para além disso, durante o processo de erosão há um arrastamento seletivo de elementos, argila e matéria orgânica preferencialmente. Assim, não só se verifica uma perda quantitativa do solo mas, principalmente, uma diminuição qualitativa.

3.2.1. FATOR DE ENRIQUECIMENTO

O “fator de enriquecimento” (E), relaciona a concentração de um nutriente nos sedimentos erodidos com a concentração do mesmo nutriente no solo original (Stroosnijder 1995; Sharpley 1985; (White 1986; Stoltenberg & White 1953) in Ghadiri & Rose 1991 a; Menzel 1980; Barrows & Kilmer 1963;

Massey & Jackson 1952; Stroosnijder *sd*), o seu valor é regra geral superior à unidade., e calcula-se através da seguinte equação:

$$E = \frac{[x]_{\text{sedimento}}}{[x]_{\text{solo.original}}}$$

O fator de enriquecimento, designado a partir deste momento por enriquecimento, está relacionado com a perda de solo e com o escoamento superficial (Sharpley 1985; Massey & Jackson 1952). Em situações onde a velocidade do escoamento superficial é baixa, ocorre uma baixa perda por erosão, devido a velocidade do escoamento ser incapaz de transportar partículas de grandes dimensões. Em contrapartida dá-se um aumento da concentração de pequenas partículas, o que vai enriquecer os sedimentos em argila e nutrientes (Barrows & Kilmer 1963; Frere 1976 in Alberts & Moldenhauer 1981).

Inicialmente os dois fatores mais utilizados para representar a dimensão, duração de um processo erosivo são; a quantidade de sólidos no escoamento e a quantidade de sólidos total (Massey & Jackson 1952). A seletividade do processo erosivo com a dimensão do mesmo foi graficamente representada por Bedell e outros (1947 in Massey & Jackson 1952). Relação esta que sugeria uma hipérbole.

O fator de enriquecimento além das suas aplicações na modelação, é também frequentemente utilizado para expressar o efeito das mobilizações e outras práticas culturais no conteúdo de argila e de nutrientes dos sedimentos (Alberts & Moldenhauer 1981). Permite-se desta forma, a escolha das melhores práticas agrícolas para controlo das perdas de sedimentos e nutrientes (Foster 1979 in Alberts & Moldenhauer 1981)

3.2.2. MECANISMOS RELACIONADOS COM A PERDA DE NUTRIENTES E COM O ENRIQUECIMENTO

Como já anteriormente se afirmou, além da fracção sólida, também a água do escoamento superficial pode transportar consigo substâncias químicas. Esta transferência de substâncias químicas da camada superficial do solo para o escoamento superficial deve-se a uma sequência de processos, desencadeados numa primeira fase pela turbulência sobre o solo provocado pelo impacto das gotas de chuva (Ahuja *et al* 1983; Stroosnijder 1995, sd).

Como seria de esperar, a forma e a rugosidade da superfície, que poderá aumentar a superfície exposta, pode por isso mesmo aumentar significativamente o grau de interação entre o solo e a chuva e, conseqüentemente, a quantidade de substâncias químicas transferidas para o escoamento superficial. Este grau de interação depende ainda em grande medida da energia cinética das gotas de chuva

De salientar que, abaixo da zona de mistura, também se verifica uma transferência de substâncias químicas para o escoamento, devido a fenómenos de sucção gerados pela turbulência do impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo (Ahuja & Lehman 1983). Este processo de difusão acelerado, é mais evidente em solos com camada impermeável ou em situações em que as práticas promovam um aumento da permeabilidade do solo.

Após o impacto das gotas de chuva, poderá dar-se ainda a libertação de alguns nutrientes adsorvidos nas partículas, dependendo do poder tampão do solo no estabelecimento do equilíbrio entre os nutrientes adsorvidos e em solução. A libertação de substâncias químicas absorvidas ou adsorvidas nos resíduos das culturas é ainda um outro processo que se poderá verificar (Stroosnijder 1995, sd)

Relativamente à perda de nutrientes associada à fracção sólida, como já anteriormente se referiu, as argilas desempenham um papel extremamente importante, uma vez que são estas partículas as principais responsáveis pela adsorção da maior parte das substâncias químicas existentes no solo. Além disso, a sua ação no enriquecimento é ainda fundamental nos mecanismos que aqui se apresentam: o mecanismo, do destacamento das gotas de chuva, o da ação seletiva da deposição e o da formação da crosta à superfície do solo. Na sequência destes, relacionado ainda com o enriquecimento e a produção de nutrientes, apresenta-se ainda um outro denominado de poluição difusa.

3.2.3. MECANISMO DA SELETIVIDADE DA DEPOSIÇÃO

Menzel (1980), a partir de resultados obtidos experimentalmente, sugeriu que a causa do enriquecimento se devia à presença de maior quantidade de partículas finas no sedimento relativamente ao solo original. No entanto, este não explicou a razão desta maior proporção de partículas finas, bem como do seu enriquecimento. A relação entre o enriquecimento em nutrientes com o enriquecimento em argila, obtida por Sharpley (1985), pode ser visualizada na figura 2. É evidente, para as condições em que o estudo se realizou, a relação mais intensa no caso do P lábil e do C orgânico, relativamente aos restantes nutrientes.

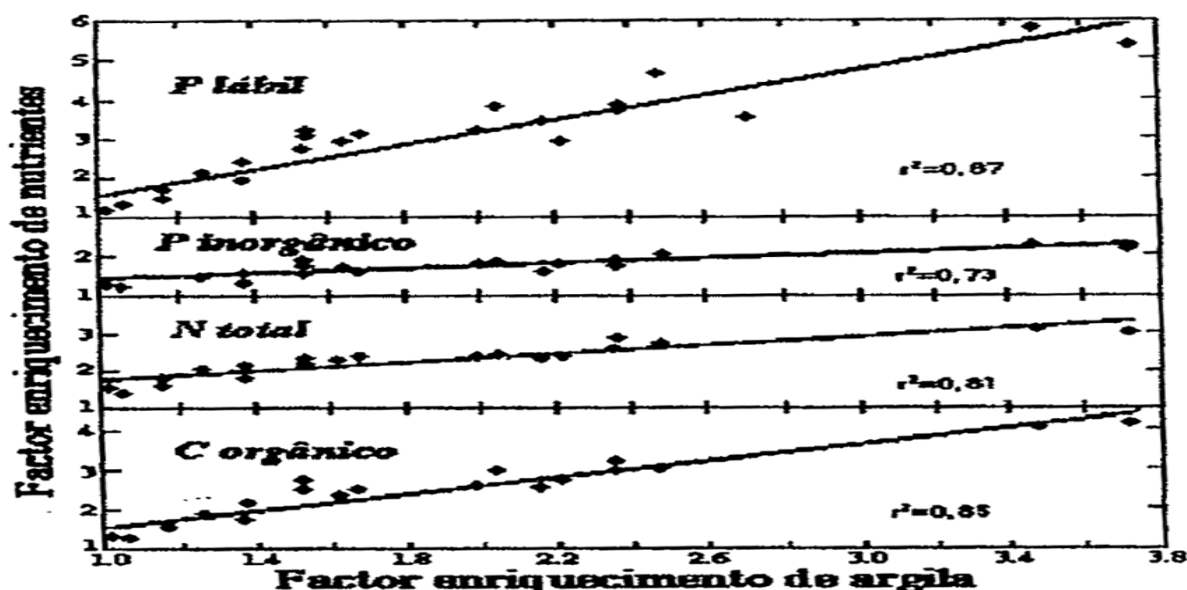


Figura 2 - Relação linear entre o enriquecimento em nutrientes e o enriquecimento em argila nos sedimentos, originários de um solo "Durant loam", obtida em situações de apenas arrastamento (adaptado de Sharpley 1985).

O mecanismo da seletividade, em termos de tamanhos das partículas, do processo de deposição, desenvolvido e estudado por diversos investigadores (Palis *et al* 1990a,b; Rose *et al.* 1988 in Stroosnijder *sd*; Sharpley 1985; (Foster 1982; Frere *et al* 1980; Meyer *et al.* 1975) in Ghadiri & Rose 1991a; Barrows & Ylmer 1963), justifica o facto de o sedimento ser inicialmente mais fino, como se pode depreender da figura 3, cuja característica vai diminuindo com o tempo, devido à formação de uma camada de deposição mais grosseira (Ghadiri & Rose 1991a).

De facto, as partículas de maior dimensão e maior densidade depositam-se mais rapidamente, por sua vez as partículas mais finas podem ser facilmente transportadas pelo escoamento superficial.

Assim, uma vez que as partículas mais finas, particularmente as argilas, são ricas em substâncias químicas, verifica-se um enriquecimento do sedimento erodido relativamente ao solo original.

Nesta sequência, Palis e outros (1990a) referem, como conclusões do seu trabalho, que para se ter um enriquecimento diferente da unidade, é necessário verificar-se alguma variação do tamanho dos sedimentos (velocidade de sedimentação) em termos de concentração dos nutrientes adsorvidos; quanto maior essa variação, mais afastado será o enriquecimento da unidade.

Num estudo realizado por Palís e outros (1990a) obtiveram-se, nos primeiros instantes do processo erosivo, valores mais elevados de azoto nos sedimentos que no solo original, decrescendo para valores próximos da unidade praticamente durante todo o processo. Segundo os mesmos, isso deve-se à presença de matéria orgânica que foi retirada na fase inicial pelo escoamento superficial.

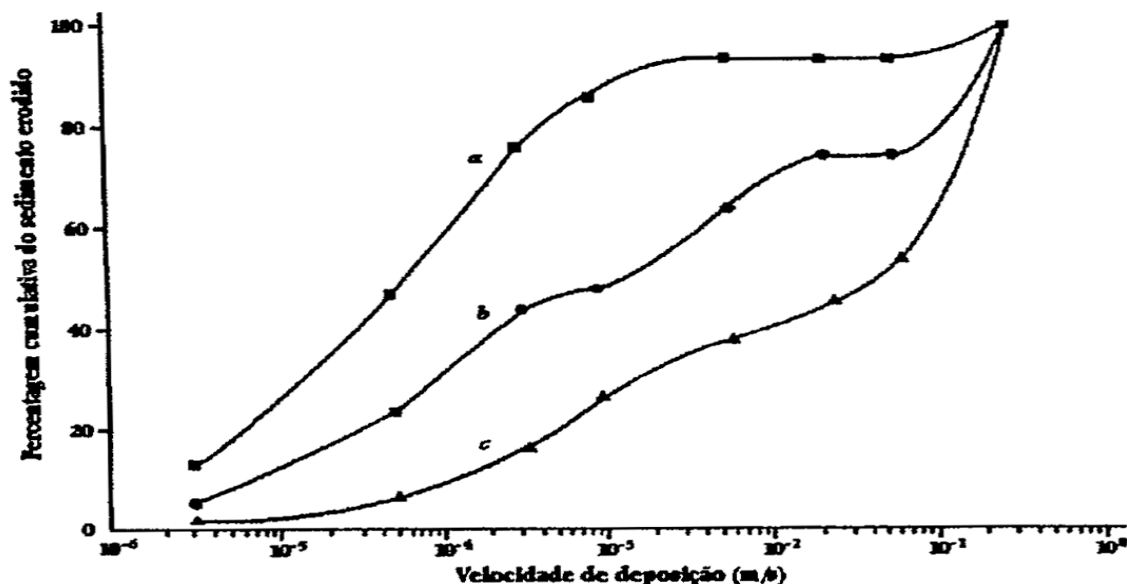


Figura 3 - Variação com o tempo das características de deposição do sedimento resultante do destacamento da chuva e sequente deposição, para o solo original (a), 1 minuto após a exposição à chuva simulada de 100 mm/min (b) e 15 minutos depois (c).

Meyer e Wischmeier (1969 *in* Alberts *et al.* 1981) salientam que a capacidade de transporte é proporcional à 5ª potência da velocidade, ou seja, pequenas reduções na velocidade do escoamento superficial provocam significativas deposições, um aspecto extremamente importante, relacionado com o mecanismo de erosão e deposição seletiva e, consequentemente, com o enriquecimento dos sedimentos.

3.2.4. MECANISMO DO DESTACAMENTO DAS GOTAS DE CHUVA

O mecanismo do “destacamento” dos agregados por ação das gotas de chuva, proposto por Ghadiri e Rose (1991a,b), não se assume como uma oposição à tese da erosão seletiva das partículas mais finas, apresentada por Menzel (1980), e desenvolvida por muitos outros investigadores (Stroosnijder 1995; Palís *et al* 1990a,b; Sharpley 1985), mas sim como um complemento, explicando o enriquecimento quando a camada, de água à superfície é insignificante, ou seja, em que não se verifica um fluxo de água à superfície do solo, predominando o impacto das gotas como mecanismo erosivo dominante.

Este mecanismo baseia-se num gradiente de concentração química no interior dos agregados, o qual se considera superior nas camadas mais exteriores. Ghadiri e Rose (1991a) apresentam duas causas prováveis para justificar este gradiente. Uma primeira, reside na possibilidade de, após a formação dos agregados, a matéria orgânica se localizar à sua superfície, fazendo com que a capa dos agregados se encontre enriquecido em nutrientes, nomeadamente C e N orgânicos, em relação ao seu interior. Uma outra resulta da possibilidade das concentrações do N e C orgânicos serem mais baixas no centro dos agregados, devido à prolongada ocorrência de condições anaeróbias nessa zona.

Ghadiri e Rose (1991a) afirmam que a remoção da camada exterior dos agregados localizados à superfície do solo, através do destacamento por ação das gotas de chuva, se verifica frequentemente. Consequentemente e devido ao gradiente químico dentro dos agregados, o impacto das gotas de chuva produzem partículas de menor dimensão e com um enriquecimento superior à unidade. Portanto, as partículas finas produzidas pelo mecanismo de destacamento são de natureza e origem diferente das partículas de igual dimensão no solo original, caracterizando-se pelo seu enriquecimento em substâncias químicas.

Uma vez que, em situações de uma camada de água à superfície do solo negligenciável, o mecanismo da ação seletiva da deposição não explica o enriquecimento, a tese da ação de destacamento dos agregados parece ser a mais capaz de o explicar. A formação da camada de deposição grosseira, um pouco após a exposição da superfície do solo à ação da precipitação, parece ser um indicador da existência do mecanismo de destacamento das gotas de chuva (Ghadiri & Rose 1991a).

3.2.5. PROCESSO DE FORMAÇÃO DA CROSTA

A crosta é uma camada superficial do solo, normalmente da ordem de alguns milímetros, caracterizando-se pela sua maior densidade e compacidade, principalmente no estado seco, relativamente ao solo subjacente. Esta caracteriza-se, assim, pela menor porosidade, menor condutividade hidráulica saturada e menor permeabilidade ao ar, quando húmida (SSSA 1987 in Alexandre 1989).

Alexandre (1989) destaca dois tipos de crostas: as estruturais e as de deposição. As crostas estruturais formam-se pela ação física das gotas de chuva, pisoteio, veículos e alagamento, nas quais não existe deposição e prevalece o arrastamento. As crostas de deposição formam-se pela deposição de partículas finas de solo, após transporte pelo escoamento, nas quais a deposição é superior ao arrastamento. Este último investigador faz referência ainda a um outro tipo de crosta relacionado com a dispersão química dos agregados, principalmente em condições de excesso de sódio de troca.

O processo de formação da crosta referido por Alexandre (1989) compreende várias fases. Inicia-se com a desagregação física e química (desagregação dos colóides minerais) pelas gotas de chuva; segue-se a obstrução dos poros por partículas mais finas lavadas para camadas inferiores, a qual é tanto maior quanto mais intensa a dispersão; seguidamente dá-se a deposição de partículas em suspensão; e, por último, a compactação pelo rearranjo das partículas na deposição. A secagem é a fase final do processo de formação da crosta, em que se verifica um endurecimento com aumento da compactação e das forças de coesão.

Proffitt e outros (1991) detectaram que, para situações em que o destacamento era o processo erosivo dominante, o sedimento produzido, além de em maior quantidade, era mais fino no início da chuvada, tornando-se grosseiro com o tempo até uma distribuição de tamanhos de equilíbrio. Esta redução temporal dos materiais finos, de acordo com estes investigadores, não é somente explicado pela seletividade da deposição e suspensão. Estes referem que a deposição dos elementos mais grosseiros, após o seu destacamento pela chuva, forma um depósito grosseiro, cobrindo algumas partes do solo. Estas partículas grosseiras são assim redestacadas, originando uma camada de sedimento ainda mais grosseiro e reduzindo, deste modo, o destacamento do solo. Um equilíbrio dinâmico é atingido quando a deposição é igual ao redestacamento.

A crosta à superfície do solo, ao reduzir entrada de água e as trocas gasosas, proporciona um aumento do escoamento e uma diminuição do arejamento. Cai e outros (1985 in Alexandre 1989) afirmam que, apesar de reduzir em cerca de 70% o transporte do salpico, provavelmente devido ao aumento da resistência mecânica do solo, a existência da crosta aumenta 50 vezes o transporte de solo pelo escoamento. Para estes últimos investigadores, a redução da erosão pelo salpico devido à formação da crosta superficial não evita um aumento da erosão total. Para estes, a redução da infiltração conduz a um aumento do escoamento que, ao superar a resistência da superfície do solo (crosta), origina o aparecimento de sulcos.

A formação da crosta à superfície do solo é controlada por vários factores. Alexandre (1989) destaca as características da chuva, em termos do seu efeito mecânico e químico, as características do solo, nomeadamente textura, mineralogia, matéria orgânica, complexo de troca e consistência, e ainda as características da superfície, nomeadamente o declive e o "micro-relevo". A minimização da formação de crosta pode conseguir-se de duas formas opostas: aumentando a estabilidade ou resistência da estrutura do solo ao impacto da chuva, através da aplicação de substâncias que evitem a dispersão das argilas (por exemplo, *gesso fosfatado*) ou que fomentem a estabilidade dos agregados (por exemplo, poliacrilaminas PAM), ou então através da redução da ação desagregadora da chuva, nomeadamente pela cobertura do solo (*empalhamento*), reduzindo a sua exposição.

3.2.6. POLUIÇÃO DIFUSA

No passado, várias fontes poluidoras, como a precipitação atmosférica, o escoamento superficial de áreas urbanas, agrícolas e florestais, e o escoamento da água da rega, consideravam-se como naturais e, normalmente, incontroláveis. Presentemente todas estas fontes se enquadram no conceito de «poluição difusa», (Castro 1986).

A poluição difusa resulta do conjunto de processos e mecanismos anteriormente referidos, responsáveis pela perda de nutrientes, bastante determinantes na qualidade das linhas de água. Devido à sua íntima relação com o ciclo hidrológico, a poluição difusa depende do volume e intensidade da precipitação, das características de infiltração e armazenamento da bacia hidrográfica, entre outros parâmetros hidrológicos (Novotny 1988 in Sepúlveda & Ribeiro 1992)

Um factor limitante da poluição difusa é, de facto, o uso do solo (Warúelista *et al.* 1977 in Castro 1986), sendo as atividades agrícolas os seus principais responsáveis (Duda 1985 in Castro 1986). Os usos que produzem mais sedimentos são também aqueles que lançam maiores quantidades de nutrientes nas superfícies de água. Entre as fontes rurais refiram-se (Loher 1974 in Castro): deposição atmosférica seca e húmida, fertilizantes e pesticidas; nutrientes e matéria orgânica inicialmente existente no solo; resíduos de plantas e folhas; resíduos de atividade pecuária e resíduos de animais selvagens.

3.2.7. FACTORES CONDICIONANTES DO FACTOR DE ENRIQUECIMENTO

Os principais factores que afectam o enriquecimento, de acordo com Rose e outros (1988 in Stroosnijder 1995), são: o tipo de solo, as práticas de mobilização do solo, o tipo de processo erosivo e a quantidade e duração do acontecimento erosivo. Além disso, a topografia, as características da precipitação, o tipo e grau de cobertura dos resíduos à superfície do solo (Rose & Dalal 1988; Alberts *et al* 1983) in Palis *et al.* 1990b; Cogo *et al.* 1983) são também aspectos que, ao condicionarem os vários factores anteriormente referidos, têm implicações no fator de enriquecimento.

O tipo de solo vai condicionar o enriquecimento, uma vez que as suas diferentes propriedades afetam, com grau variável, a agregação do mesmo. Entre as várias características que poderão condicionar o enriquecimento, poderá referir-se, a distribuição de tamanhos das partículas, a densidade dos agregados e partículas primárias, a matéria orgânica e a mineralogia das argilas (Palis *et al.*, 1991a),

As mobilizações influenciam o factor de enriquecimento uma vez que modificam o desenvolvimento dos processos erosivos, devido à alteração na quantidade de resíduos sobre o solo (figura 4), com implicações no processo de formação da crosta, bem como através da modificação na distribuição dos agregados secos e na rugosidade e esmiuçamento do solo (Burweil & Larson 1969; Foster & Meyer 1972) in Alberts & Moldenhauer 1981).

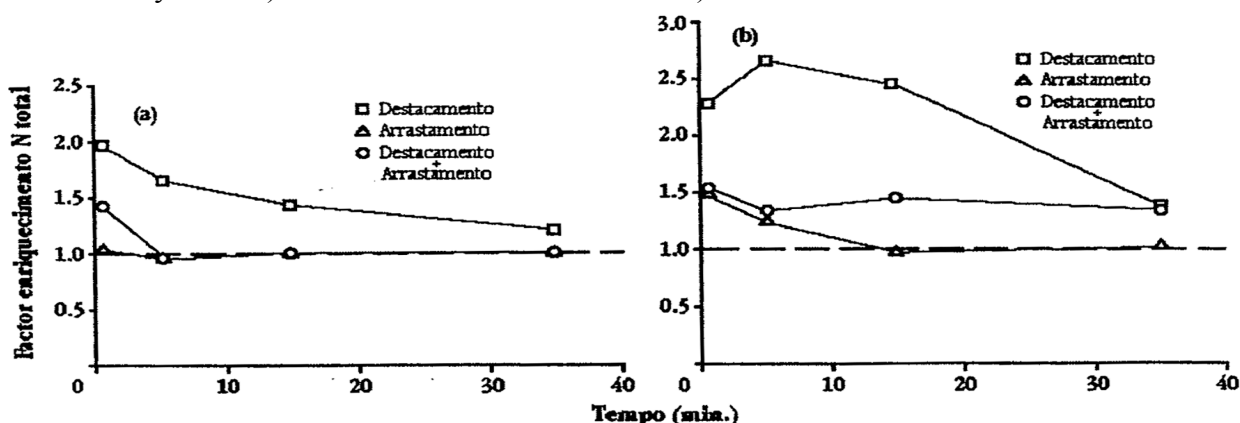


Figura 4 - Variação temporal do fator de enriquecimento do azoto total (N, consoante o processo erosivo e a percentagem de cobertura do solo, 0% (a) e 50% (b) (adaptado de Palis *et al.* 1990b).

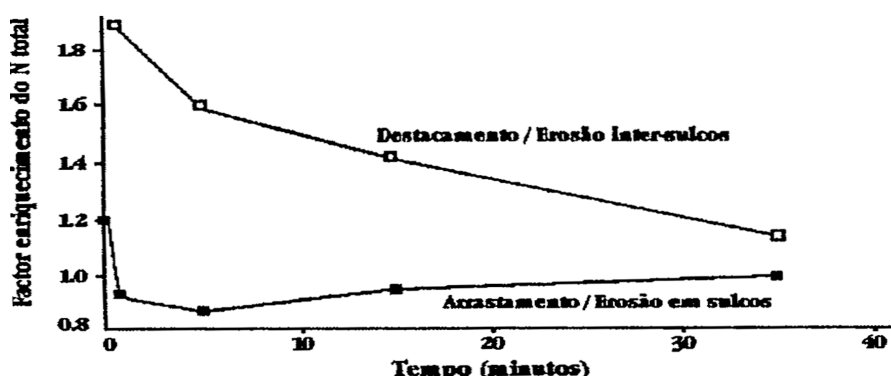


Figura 5 - Variação do fator de enriquecimento (N total) com o tempo, para uma situação em que o destacamento é o processo erosivo dominante e numa outra em que domina o arrastamento (adaptado de Rose *et al.* 1988 in Stroosnijder *sd.*).

Relativamente ao tipo de processo erosivo, vários investigadores (Stroosnijder 1995; Ghadiri & Rose 1991b; Palis *et al.* 1990b) referem que o destacamento pela chuva apresenta uma tendência para provocar, principalmente numa fase inicial, sedimentos de dimensão muito mais fina que a do solo original (figuras 4 e 5). Deste modo, valores de enriquecimento maiores que a unidade resultarão quando este processo erosivo contribui significativamente para a concentração de sedimentos erodidos. Nestas situações, os seus valores diminuem com o aumento da quantidade de solo erodido (figuras 3 e 4), devido à distribuição de tamanhos dos sedimentos, com o decorrer do episódio erosivo, se aproximar da distribuição do solo original (Palis *et al.* 1990a).

3.2.8. FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS

Como se sabe, o solo apresenta uma grande diversidade de tamanhos relativamente às partículas minerais que o constituem. À proporção relativa de cada um dos conjuntos de partículas de dimensões compreendidas entre certos limites na terra fina (partículas de diâmetros menores de 2 mm) denomina-se «textura» (Costa 1975).

A análise granulométrica, regularmente denominada «análise mecânica», é o método normalmente utilizado no laboratório para se proceder à determinação das várias frações granulométricas

Designação dos lotes	Diâmetro das partículas (mm)
Elementos grosseiros	>2
Areia – grossa	2-0.2
Areia fina	0.2-0.02
Limo	0.02-0.002
Argila	<0.002

Fonte: Atterberg 1911 in Costa 1975

Quadro 1 - Designação das fracções que constituem as partículas do solo em função do seu diâmetro

No Quadro 1 apresenta-se a subdivisão das fracções ou lotes da terra fina, de acordo com a «Escala de Atterberg», recomendada pela Sociedade Internacional de Ciência do Solo, consoante o diâmetro das partículas que constituem o solo.

É de destacar, como se pode ver na figura 6, que a presença de maior quantidade de partículas finas (por exemplo, argilas) significa uma maior alteração química e, nesta sequência, maior quantidade de minerais secundários. Em oposição, as areias, mais que os limos, caracterizam-se por uma menor alteração química, relacionando-se normalmente com a existência de abundante quantidade de quartzo.

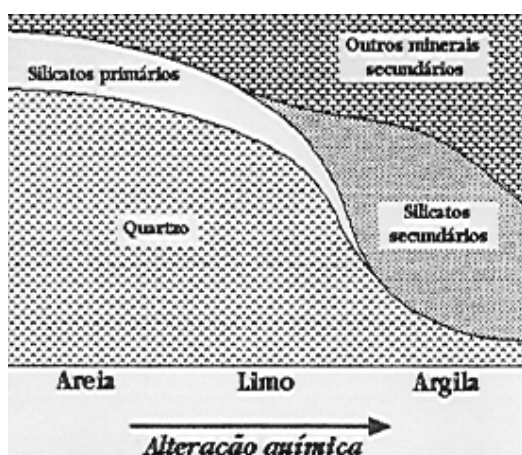


Figura 6 - Principais componentes da fração argilosa dos solos e de duas outras frações, areia e limo (adaptado de Macedo Lemos1961).

A textura do solo depende de vários factores, sublinha-se a importância da rocha-mãe, e da topografia. Costa (1975):

A natureza da rocha-mãe, tanto mais influente quanto menos evoluído seja o solo.

A topografia, pelas condições mais, ou menos, propícias à formação de argilas, bem como à sua migração/acumulação. Refira-se que são mais propícias à formação de argila situações topográficas côncavas, que permitem uma maior concentração dos reagentes que vão formar argilas, é claro ser aí que tendem a acumular-se as argilas, que migram das encostas com grande facilidade.

3.2.9. ARGILAS

Como já anteriormente se referiu, grande parte dos nutrientes, e outros poluentes, adsorvidos nos sedimentos são transportados através das partículas mais finas, particularmente as argilas. Consequentemente, toma-se necessário tecer algumas considerações sobre estas últimas, de modo a uma melhor compreensão da sua ação.

A maior parte dos minerais de argila são formados por dois tipos de unidades estruturais (Grim 1968). Uma que consiste em duas finas e compactas camadas de 3 oxigénios, no interior das quais um átomo de alumínio, ferro ou magnésio se encontra incluído, formando um octaedro em que os seis oxigénios ou oxidrilos estejam equidistantes. Quando na presença do alumínio, apenas dois terços das posições possíveis são preenchidas para equilibrar a estrutura, denominada de gibsita, quando é o magnésio que está presente, todas as posições são preenchidas para equilibrar a estrutura, neste caso denominada de brucita

A outra unidade é constituída por quatro oxigénios para equilibrar a estrutura, organizados de modo a formar um tetraedro com um átomo de silício no centro.

As argilas encontram-se entre os mais importantes constituintes do solo. Devido à sua reduzida dimensão, estas caracterizam-se por uma elevada atividade superficial, nomeadamente adsorção iónica, plasticidade, retenção de água (é o lote que por unidade de peso, mais água retém), entre outras características, apresentando algumas variações de acordo com a sua composição mineralógica. Do que já se referiu acerca das argilas, pode concluir-se que a argila é por excelência, a parte quimicamente ativa da fracção mineral do solo, responsável pela retenção de elementos nutritivos e pela agregação do solo, da argila depende essencialmente a consistência do solo.

4.MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo faz-se uma caracterização do Centro de Erosão Experimental de Vale Formoso, dos solos, dos talhões e da rotação cultural, seguida de uma abordagem descritiva dos materiais e métodos utilizados, na elaboração do trabalho.

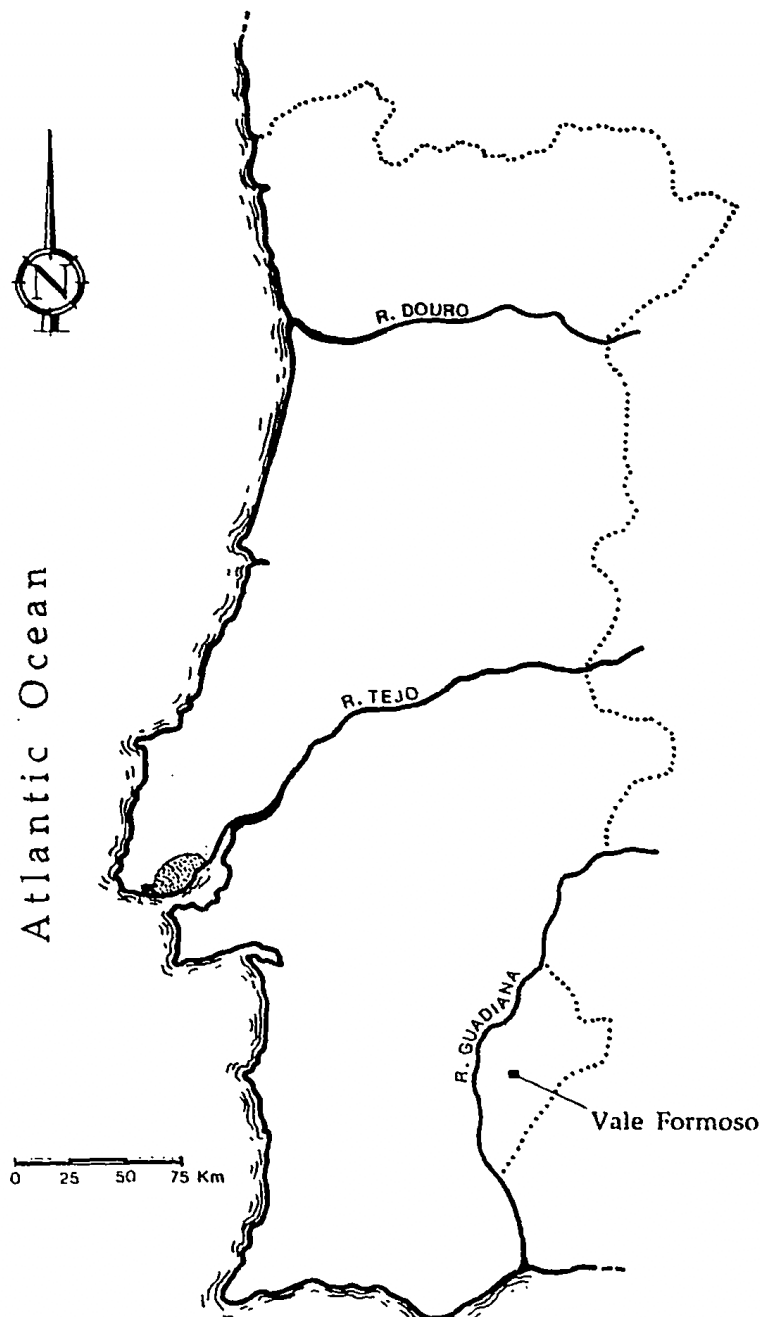


Figura 7 – Localização do centro experimental de erosão de Vale Formoso (Pedro Pereira Tomaz e Miguel Azevedo Coutinho, 1993).

4.1. CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO GERAL DO CENTRO EXPERIMENTAL DE EROÇÃO DE VALE FORMOSO

O Centro Experimental de Erosão de Vale Formoso situa-se junto do lugar Vale do Poço, a uma distancia de aproximadamente 1.5km da estrada que liga Serpa a Mértola, e a 11km a Este do Pulo do Lobo, tendo aproximadamente as coordenadas geográficas de 37° 45' 30'' N e 7° 37' W.



Figura 8 – Edifício principal do Campo Experimental de Vale Formoso

A Herdade de Vale Formoso tem uma área total de 74 ha, localiza-se no sector Nordeste do Concelho de Mértola, na Margem Esquerda do Guadiana, em plena “Serra de Mértola”, a cerca de 2 km da povoação de Vale do Poço.

Teve inicialmente a designação de «Campo Experimental de Vale Formoso», o qual foi inaugurado em 22 de Fevereiro de 1930, em plena Serra de Mértola, colocando na prática uma orientação política que constava do Decreto-Lei governamental, que definia que, «...como incentivo e como testemunho do que se pode conseguir com a técnica agrícola (...) deviam-se instalar campos experimentais sob direcção técnica do Ministério da Agricultura em áreas incultas...».

Para a instalação deste Posto Agrário, foram doados pela Câmara Municipal de Mértola terrenos então baldios, que no seguimento do Decreto n.º 10552 de 14/2/1925, mediante o qual se procedeu à divisão das terras baldias da Serra de Mértola, tendo sido cedidos à Direcção Geral dos Serviços Agrícolas 50 ha de terra para “...a criação de um posto agrícola que exemplificasse aos novos seareiros, possuidores das glebas, a forma mais racional e económica de aproveitar os terrenos que haviam sido baldios...” (Acta da sessão da Câmara de Mértola de 25/4/1928 e portaria de 27/3/1928 - Diário da República no n.º 70 II Série).



Figura 9 – Construção das instalações do Campo Experimental de Vale Formoso nos terrenos da Serra de Mértola.

Em plena Campanha do Trigo, durante as décadas de 30 e 40, no século XX, este posto agrário desempenhou um papel fundamental no apoio direto aos lavradores da Serra de Mértola, através da divulgação de um conjunto de técnicas agrícolas que permitiram um melhor aproveitamento das terras incultas, tendo sido fornecido o necessário apoio técnico (maquinaria, sementes, adubos) para melhorar e aumentar a produção de trigo.

A anterior importância para a região da Herdade de Vale Formoso, associada às suas valências de apoio técnico aos agricultores e à atividade agrícola, aumentou significativamente a partir da década de 60, mais concretamente em 1961, aquando da instalação nos seus terrenos do Centro Experimental de Erosão de Vale Formoso – CEEVF.

O Centro Experimental de Erosão de Vale Formoso foi instalado por iniciativa da então Direção Geral de Hidráulica e Engenharia Agrícola – DGHEA, posteriormente designado de Instituto de Hidráulica e Engenharia Rural e Ambiente - IHERA), e que corresponde hoje à Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), serviço central do MADRP que integra a estrutura e competências do anterior Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica (IDRHa).

Consequentemente, existe atualmente na Herdade de Vale Formoso um valioso e importante espólio (material e documental), de grande valor histórico, patrimonial e até museológico, como fica aqui documentado de forma exemplificada pelas duas fotografias antigas apresentadas, e que muito pode revelar e contribuir para a um melhor e certamente mais aprofundado conhecimento da estratégia de implementação das Campanhas do Trigo do Estado Novo, nesta região do País.

A criação deste Centro pelo Eng.º Ernesto BAPTISTA D'ARAÚJO tinha por objectivo o estudo e quantificação das perdas de solo agrícola por erosão hídrica e o desenvolvimento e implementação de medidas e práticas de conservação de solo. Era já então conhecido o elevado grau de degradação a que os solos da Serra de Serpa e Mértola tinham chegado, devido à contínua e extensiva produção de cereais de Inverno, com total predominância do trigo.

Após a revolução política de Abril de 1974, em consequência do período de indefinição política nos diferentes governos constitucionais formados, tanto a Herdade como um todo, como o Centro Experimental de Erosão, conheceram uma fase de estagnação e relativo abandono, apesar de se terem continuado a desenvolver projetos no âmbito agrícola e pecuário, bem como estudos pontuais no que se refere aos processos de erosão hídrica de solos.

Refira-se que a recolha e registo de dados de perda de solo por erosão hídrica não sofreu interrupção, dispondo-se até hoje de uma série cronológica contínua e muito vasta de dados experimentais sobre erosão de solos, recolhidos nas parcelas de erosão aí construídas segundo uma metodologia e um modelo de investigação experimental importado dos EUA, como se verá mais adiante, o que faz de Vale Formoso um dos mais antigos e importantes, se não o mais importante, Centro Experimental de Erosão na Europa.

Desde Julho 1993, a Herdade de Vale Formoso está integrada no Centro de Experimentação do Baixo Alentejo (CEBA), na dependência da Direção Regional de Agricultura do Alentejo (DRAAL).

A instalação do Centro Experimental de Erosão Vale Formoso (CEEVF), no início dos anos 60, foi coordenada pelo engenheiro agrónomo Ernesto Baptista D'Araújo, como referido anteriormente, técnico e quadro superior da então Direção Geral de Hidráulica e Engenharia Agrícola (DGHEA), e é instalado no Concelho de Mértola, numa propriedade do Estado, então designada Campo Experimental de Vale Formoso.

O Eng.º Ernesto BAPTISTA D'ARAÚJO, instala nos terrenos da Herdade dezoito parcelas experimentais semelhantes às utilizadas por WALTER H. WISCHMEIER no desenvolvimento da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS, 1958; 1978), bem como diversos instrumentos meteorológicos fundamentais para a recolha de dados climáticos, preservados até hoje (Estação meteorológica convencional, bateria de udómetros, udógrafos e evaporímetro).

É muito importante referir, até por comparação com a realidade atual, que estes estudos de cariz experimental, que vieram a demonstrar-se pioneiros e de grande valia para os agricultores e para a comunidade científica nacional e internacional, apenas foram viáveis devido ao interesse e apoio financeiro manifestado pelas entidades públicas governamentais.

Preocupado com o estado de degradação dos solos em determinadas áreas do País, o governo inclui no II Plano de Fomento, bem como no Plano Intercalar, uma rubrica de Defesa e Conservação

de Solo. O financiamento atribuído proporcionou os meios essenciais para a validação por experimentação de várias práticas e técnicas agrícolas, como fim de promover a conservação dos solos agrícolas.

4.1.1. A IMPORTÂNCIA DO CEEVF

BAPTISTA D'ARAÚJO tinha como principal objetivo a experimentação de diferentes práticas e culturas agrícolas, no contexto da conservação do solo e minimização das perdas por erosão hídrica. O empenho colocado por este engenheiro e seus colaboradores (destaque-se a continuidade do trabalho desenvolvido após o seu falecimento, atribuída a D. Augusta Jacob), fez com que o CEEVF seja atualmente, senão o mais antigo, pelo menos um dos mais importantes da Europa, conhecido e reconhecido na comunidade científica internacional.

A infra-estrutura e os equipamentos instalados é algo de absolutamente único em Portugal (18 parcelas experimentais de 20x8 metros, com estruturas em betão para condução do escoamento superficial e sedimentos arrastados – caleiras, e de suporte ao sistema triplo de tanques de em ferro pintado para respectiva recolha e quantificação), e mantêm-se em funcionamento há mais de 40 anos.

O laboratório, que foi sendo beneficiado e modernizado ao longo destes anos ao abrigo do protocolo com a Universidade Nova de Lisboa – FCSH, alberga importante conjunto de equipamentos e instrumentos de precisão, e alberga uma base de dados que constitui uma inquestionável “reliquia científica” de excelente qualidade, reconhecida nacional e internacionalmente.

Trata-se, de facto, de uma das séries de dados mais longas, sem falhas, sobre parâmetros relacionados com perda de solo por ação dos processos de erosão hídrica, sobre diferentes cobertos vegetais, para além das séries de dados climáticos recolhidos desde o início de funcionamento.

A relevância do trabalho de investigação experimental que tem sido desenvolvido no CEEVF, é indiscutível, tanto para a comunidade científica, como para a sociedade em geral, devido aos graves e acentuados problemas ambientais, resultantes de uma incorreta utilização e gestão de recursos naturais, como são o solo e a água.

Sublinhe-se que, desde de 1990, ano em que o CEEVF começou a ser incluído em diversos projetos de investigação científica financiados pela União Europeia, dedicados ao complexo problema ambiental global da Desertificação, relacionado com a degradação dos solos, da água e dos ecossistemas Mediterrânicos, diversos e conceituados professores e investigadores estrangeiros têm visitado o Centro e escrito e publicado trabalhos científicos baseados no valioso espólio de informação aí existente.

A importância da Herdade de Vale Formoso:

- Integra o mais antigo Centro Experimental de Erosão de Solos em funcionamento na Europa, constituindo assim um valioso património científico e cultural reconhecido pela comunidade científica internacional e nacional;
- Instalações para alojamento e área social devidamente equipadas, das quais se destaca um Laboratório equipado e informatizado, que possibilita a permanência de investigadores nacionais e internacionais,
- Estudo e conhecimento da repercussão das alterações climáticas, em termos de taxas de erosão, escorrência superficial e nas propriedades químicas e físicas dos solos;
- Centro de Competências de referência a nível nacional e internacional, quando se fala em Desertificação e Degradação de Solos, em função do trabalho desenvolvido pelo Departamento de Geografia e Planeamento Regional da FCSH-UNL, e por outras instituições no âmbito de sucessivos projetos de investigação financiados pela União Europeia;
- Longa e valiosa série cronológica de dados climáticos e de erosão de solos desde 1961, o que corresponde à série mais extensa em toda a Europa, já utilizada em parte por vários cientistas de renome internacional em muitos projetos de investigação e trabalhos científicos publicados em revistas internacionais;
- Possibilidade de experimentação sobre técnicas de recuperação de solo;
- Possibilidade de elaborar modelos de tendência de perda de solo, segundos as culturas e as técnicas utilizadas, em função da introdução de novos usos do solo (novas orientações da política agrícola comunitária);
- Análise das modificações possíveis nos ecossistemas em função das alterações das condições edafo-climáticas;
- Localização geográfica em pleno Parque Natural do Vale do Guadiana, a poucas dezenas de quilómetros do Pulo do Lobo, e da Vila-Museu de Mértola, possibilitando assim sinergias e a sua inclusão em roteiros turísticos e de educação ambiental;
- Existência de uma albufeira, e respectiva área de regadio, que favorece a biodiversidade e que apesar de necessitar obras de manutenção e limpeza de sedimentos, tem desempenhado um papel muito importante em anos de seca (fornecimento de água para o gado dos agricultores da Serra);
- Valia do património edificado, material e documental, testemunho da política agrícola do Estado Novo – Campanhas do Trigo, este último como a possibilidade de ser ampliado, com a doação do arquivo histórico da família Mira Galvão (já prometido);

- Espólio de máquinas e instrumentos agrícolas antigos, sendo algumas peças de grande valor, que sem qualquer dúvida viabilizariam a criação de um núcleo museológico;
- Existência de uma vasta área agrícola envolvente, sendo esta a atividade económica principal neste sector do Concelho de Mértola, o que lhe confere um papel muito importante como Pólo de difusão e divulgação de novas técnicas e métodos, de preservação e conservação de solo;
- Contribuição para a preservação e melhoramento de raças autóctones, caso da ovelha Campaniça, o que possibilitou o aumento de efetivos desta espécie nesta região do Alentejo;
- Ser visitada anualmente por alunos e professores de Universidades nacionais e estrangeiras, por técnicos de outros países, bem como por alunos de todos os níveis de ensino, como se pode ser demonstrado pelo livro de visitas do CEEVF;

O Centro foi implantado numa área povoada anteriormente por montado de azinho disperso e mato.

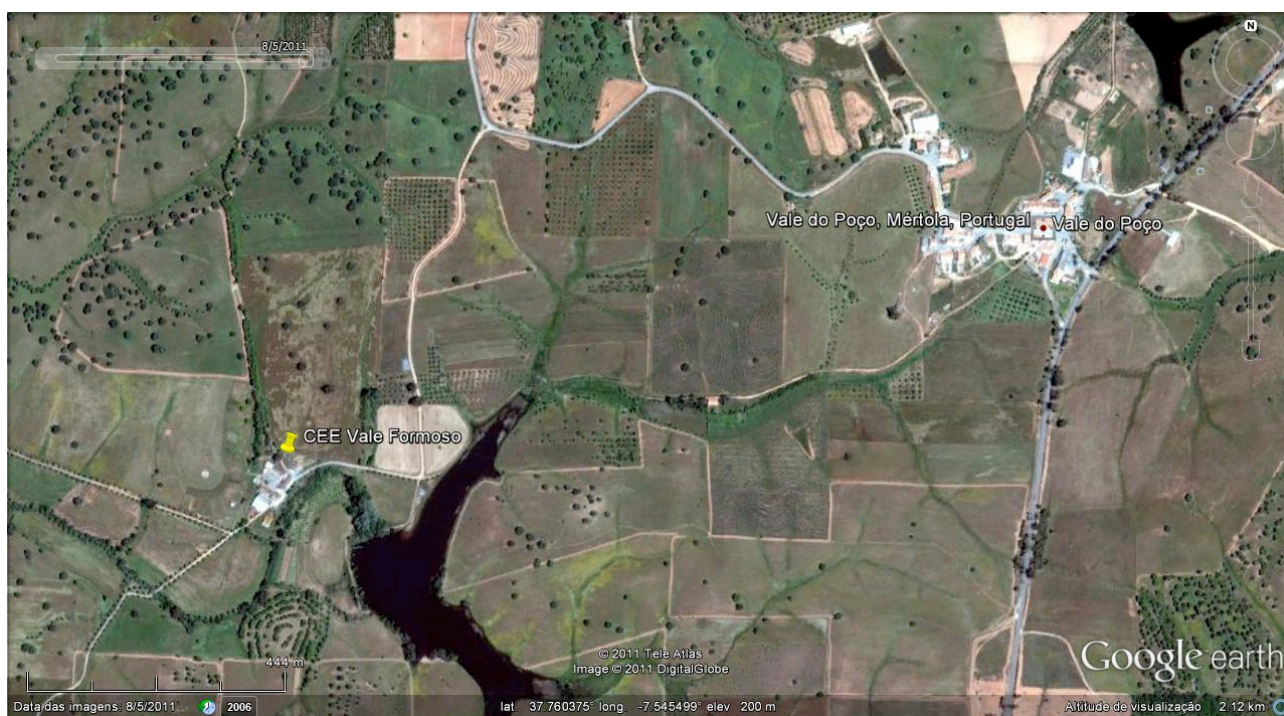


Figura 10 – Fotografia “Google Earth” da zona de Vale do Poço e Herdade de Vale Formoso

Entre 1920 e 1930, após o desbaste da vegetação natural, foi introduzida a cultura do trigo, que teve como resultado a erosão acelerada dos solos.

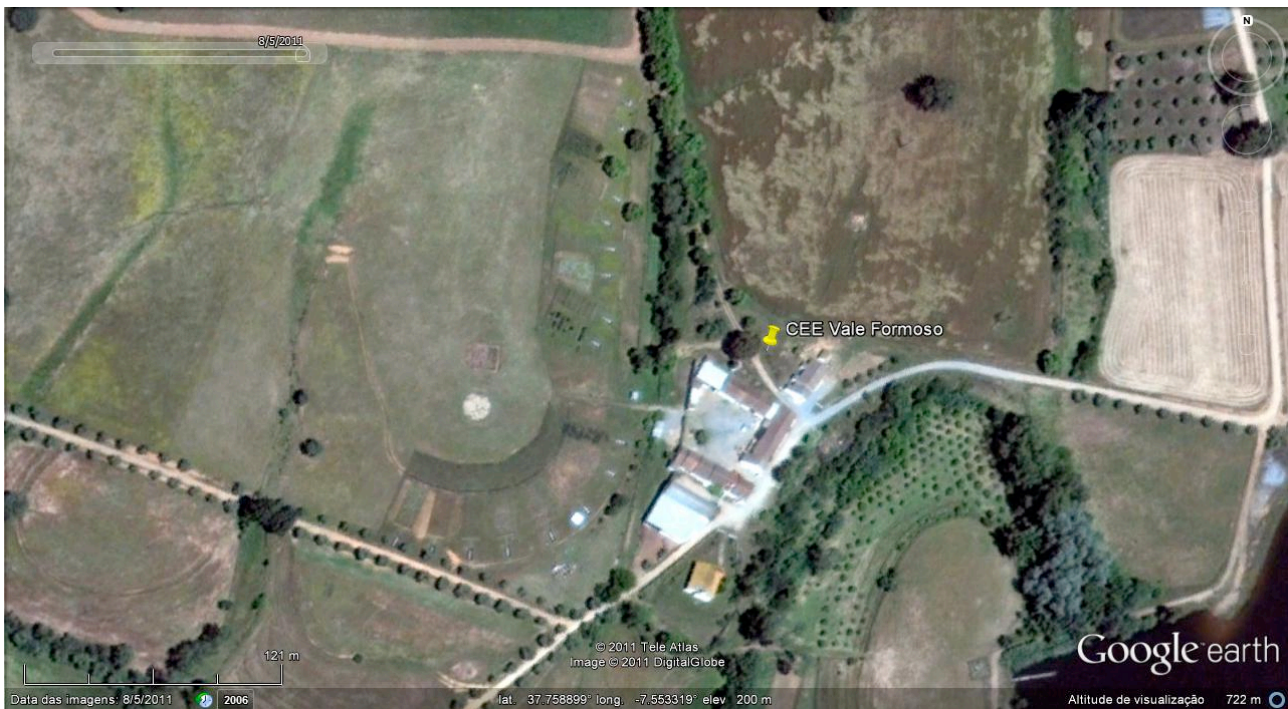


Figura 11 – Fotografia “Google Earth” da Herdade de Vale Formoso , panorâmica geral dos talhões.

A precipitação média anual, nos últimos trinta anos é de aproximadamente 480mm, concentrando-se nos meses de Outubro a Março, aos quais se segue um período seco de Abril a Setembro. *(Pedro Pereira Tomaz e Miguel Azevedo Coutinho, 1993)*



Figura 12 – Panorâmica geral dos talhões.



Figura 13 – Vista sector II, parcelas experimentais de Erosão.

4.1.2. CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Os solos classificam-se de Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de Xistos, Vx (SROA 1959), referindo que os xistos são rochas laminadas e metamórficas, ricas em micas, com quantidades variáveis de quartzo e pobre em minerais climaticamente alteráveis, (Costa 1952) Para Buol e outros (1973), a coloração vermelha destes solos mediterrâneos de xisto argilosos é devida à ferruginação, na qual os mecanismos envolvidos são ainda mal conhecidos. A ferruginação, surge com a libertação de ferro a partir dos minerais primários e na dispersão de partículas de óxido de ferro, em quantidades que vão aumentando, consoante o nível de oxidação ou de hidratação, pois à medida que aumenta o nível de oxidação, o solo adquire a cor pardacenta, pardacenta-avermelhada e por fim vermelha, cores estas sequenciais (Buol *et al.* 1973).

4.1.3. DESCRIÇÃO DOS TALHÕES

O Centro contempla 16 talhões experimentais de erosão distribuídos por dois grupos. No primeiro grupo distribuem-se os talhões desde o número 1 ao número 7x. seguidos de um segundo grupo, do qual fazem parte os talhões desde o número 8 até ao 15. É neste grupo que se situam os talhões em estudo, talhões: N°8, N°9, N°12, N°14, e N°15

Situados lado a lado, em torno de uma colina, segundo a linha de maior declive. Os talhões estão instalados em solos classificados de Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de Xistos, Vx (SROA 1959).



Figura 14 – Vista talhão 14.

PLANTA DO CENTRO EXPERIMENTAL DE VALE FORMOSO

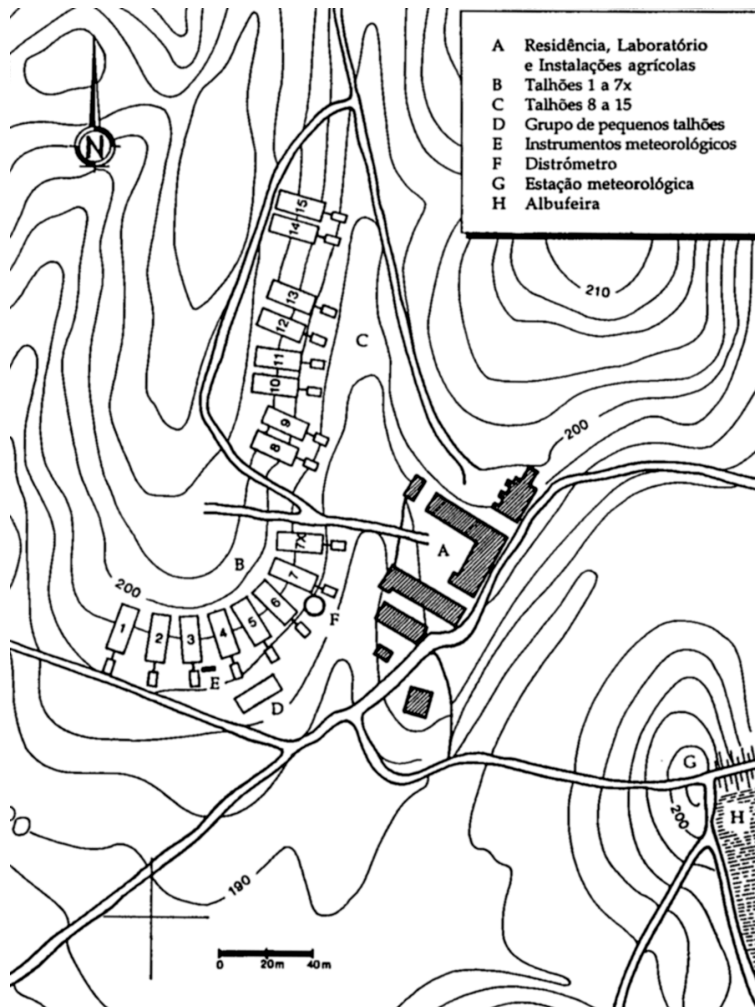


Figura 15 – Planta do centro experimental de Vale Formoso (Pedro Pereira Tomaz e Miguel Azevedo Coutinho, 1993) e fotografia “Google Earth”..

Os talhões tem medidas compreendidas entre os 20 metros de comprimento e 8,30 metros de largura e o declive varia entre 10% e 20% .Estão orientados ente Sul e Este.

<i>TALHÃO Nº</i>	<i>COMPRIMENTO m</i>	<i>LARGURA M</i>	<i>ÁREA (m²)</i>	<i>DECLIVE %</i>	<i>ORIENTAÇÃO (graus)</i>
8	20.2	8.33	168.266	14.9	122
9	20.2	8.33	168.266	15.6	122
12	20.3	8.33	169.099	16.6	121
13	20.3	8.33	169.099	17.6	121
14	20.4	8.33	169.932	20.2	116
15	20.4	8.33	169.932	20.4	116

Norte corresponde a 0°, Este corresponde a 90°

Quadro 2 - correspondente às características dos talhões N°(S). 8,9,12,13,14 E 15 De Vale Formoso.

A jusante de cada talhão situa-se uma caleira para recolha de água e de sedimentos, que por sua vez se vão depositar numa bateria de três tanques em série. O tanque número um dispõe de um descarregador de superfície, equipado com um repartidor de caudal, de modo que apenas um onze avos do caudal é descarregado para o tanque número dois, este por sua vez descarrega igualmente um onze avos do caudal para o tanque número três. O tanque número um possui um sistema de filtros e recolhe a quase totalidade dos sedimentos, da mesma forma que possui um sistema de esvaziamento que permite recolher separadamente os sedimentos no fundo do tanque, e os sedimentos em suspensão. O tanque número um esta descoberto, em contrapartida os tanques número dois e três estão cobertos.

Os dados para cada talhão são recolhidos ao fim de um determinado número de chuvadas, sempre que as condições meteorológicas sejam propícias. Os sedimentos acumulados nos tanques são recolhidos da seguinte forma:

- Mede-se o volume de água acumulada em cada tanque.
- O conteúdo do segundo e terceiro tanque é agitado para colocar os sedimentos em suspensão, recolhendo-se uma amostra de água e sedimento.

Se existirem sedimentos depositados no tanque nº1 recolhe-se uma amostra de água e de sedimentos sem agitar o conteúdo do tanque, amostra que é posteriormente decantada. Depois o tanque é esvaziado da água que contém através de um dispositivo próprio, que impede os sedimentos que estão sedimentados de serem perturbados. Estes são de seguida pesados na totalidade, sendo recolhida uma amostra para ser seca em estufa de modo a ser possível a determinação do conteúdo em água respectivo. Deste modo pode-se calcular a quantidade total de sedimentos no fundo do tanque nº1.

Cada colheita é efetuada simultaneamente para todos os talhões. Como o processo de recolha demora entre 8 a 12 horas é necessário esperar por condições meteorológicas favoráveis. Deste modo cada colheita refere-se a um número variável de dias, sendo em média recolhidas 20 colheitas por ano.

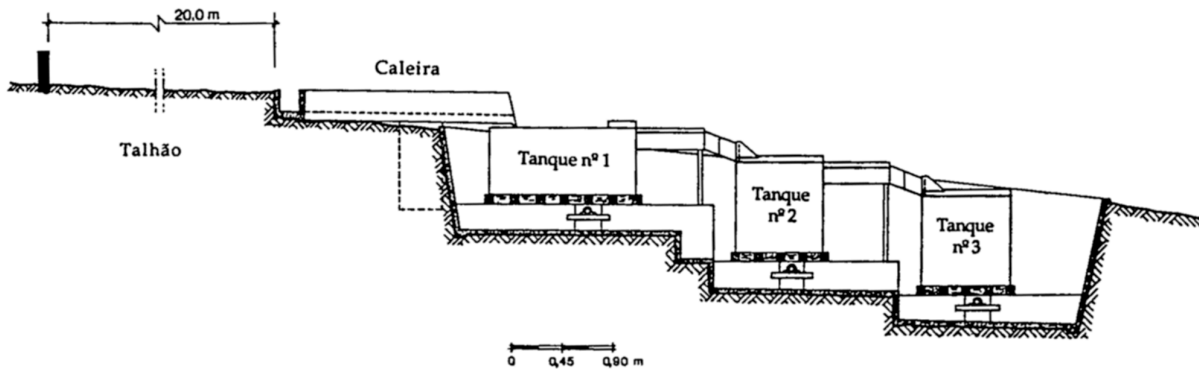


Figura 16 – Esquema tipo de um talhão de erosão e respectivos tanques de colheita (Pedro Pereira Tomaz e Miguel Azevedo Coutinho, 1993).



Figura 17 – Fotografia dos tanques de recolha de sedimentos



Figura 18 – Caleira de recolha do sedimento.



Figura 19 – Recolha de sedimento.



Figura 20 – Sedimentação do resíduo.

4.2. METODOLOGIAS LABORATORIAIS

a) Preparação da amostra

As amostras foram trazidas do Centro Experimental de Erosão de Vale Formoso onde estavam armazenadas em sacos de rede metálica com uma capacidade aprox. de 50kg. Cada saco continha vários grupos de amostras em sacos de plástico que estavam individualmente embaladas e etiquetadas com indicação do Talhão de proveniência, nº de amostra e data de colheita.

A minha tarefa inicial no que respeita ao tratamento das amostras, foi a sua abertura e separação em tabuleiros metálicos. Agrupei-as por talhões e data de recolha. Pela sua antiguidade a embalagem de algumas amostras estavam danificadas o que dificultava a sua identificação e em alguns casos estavam perfuradas dando origem a perda de amostra de sedimento e sua mistura com outras em condições semelhantes, no entanto foi possível preservar em todas elas uma quantidade suficiente e isenta de contaminação por outras, que permitisse efetuar a sua análise.

Com as amostras organizadas foi-me atribuído quais os talhões em estudo e o período de tempo considerado. Seleccionei-as e iniciei o seu tratamento laboratorial com vista à obtenção dos resultados.

As amostras tinham uma forma circular semelhante a uma “bolacha”. A primeira etapa da preparação das amostras desenvolve-se em duas fases: moenda, e crivagem.

Esta fase tem como objectivo a separação da terra fina (<2mm) dos elementos grosseiros. Tendo em conta a homogeneização das amostras, de forma que as sub-amostras sejam representativas.

Material utilizado

Almofariz e pilão

Balança analítica

Crivo com 2mm de malha

Espátula

Marcadores

Sacos de plástico

Tabuleiros

Procedimento

Num almofariz, com a ajuda do pilão trataram-se as amostras individualmente, desagregando os torrões, sem partir os elementos que as constitui.

De seguida crivaram-se as amostras separando as partículas >2mm.

Esta parcela de material grosseiro foi desprezado para esta análise.

O material crivado com dimensão igual ou menor que 2 mm foi armazenado em sacos de papel plastificado nos quais se anotou o nº da amostra, data da colheita e o nº do talhão a que pertencem.

Colocaram-se as amostras devidamente identificadas em tabuleiros, separadas por talhões e ordenadas por datas.

b)Análise granulométrica

Como a análise granulométrica se efetua na terra fina, onde as partículas estão na forma de agregados e com quantidades variáveis de matéria orgânica, teve que se proceder a tratamentos prévios das amostras:

- destruição da matéria orgânica, utilizando água oxigenada a 16V.
- dispersão dos agregados, recorrendo a uma solução de hexametáfosfato de sódio.

Na determinação da granulometria através do sedimentógrafo separaram-se os lotes entre 0.2-2mm por crivagem, seguida da leitura no sedimentógrafo.

Para quantificar as partículas elementares do solo agrupadas por classes de diâmetros, recorreu-se ao Sedimentógrafo (Micromeritics 1988). Este aparelho traduz automaticamente as curvas granulométricas de cada uma das amostras, para um intervalo de tamanhos entre 300 e 0.1 μm .

Material Utilizado

Balança analítica ;
Marcadores;
Vidros de relógio;
Colheres para pesagens;
Copos de 50 e de 500ml;
Balão volumétrico de 1000ml;
Vareta de vidro;
Pipetas volumétricas de 20 e 50ml;
“ Banho maria”;
Bicos de Bunsen;
Espátula com ponta de borracha;
Copo de agitação metálico e agitador de hélice;
Cronómetro;
Crivos de 8cm de diâmetro e 0.2mm de malha;
Funil 10cm de diâmetro;
Estufa a 100,105 graus C;
Agitador magnético;
Seringa de 20ml;
Sedimentógrafo;

Reagentes

Água destilada;

Água oxigenada (H_2O_2) a 16V;

Solução dispersante:

Dissolve-se separadamente 35.7g de hexametáfosfato de sódio (NaPo_3)₆ e 7.49g de carbonato de sódio (Na_2CO_3) em água destilada. Juntam-se as duas soluções num balão volumétrico de 1000ml e afere-se o volume com água destilada.

Procedimento

Pesaram-se 40g de cada amostra de sedimento numa balança digital para um copo de 500ml. Adicionaram-se 50ml de água oxigenada 16V, agitou-se e colocou-se em banho-maria.

Depois desta queima inicial, colocou-se em chama fraca num bico de *Bunsen*, adicionando-se-lhe porções de aproximadamente 30 ml de água oxigenada com vista a uma destruição lenta da matéria orgânica. Nesta operação houve o cuidado de adicionar a água oxigenada em pequenas partes para não entornar amostra, e evitando que nas paredes do copo se depositassem sedimentos. A matéria orgânica considera-se destruída quando ao adicionar água oxigenada não há efervescência e o líquido sobrenadante se apresenta incolor e límpido.

Com a matéria orgânica totalmente destruída procedeu-se à sua homogeneização através da adição de 20ml da solução dispersante de hexametáfosfato de sódio e carbonato de sódio, submetendo-se durante 15 minutos ao agitador de hélice.

Transferiu-se o conteúdo do copo agitador para um frasco de vidro, através de um crivo de 0.2mm colocado sobre o funil, lavou-se o copo com a ajuda do esguicho de forma a que passem todas as partículas <0.2mm para dentro do frasco, cujo volume não deve ultrapassar os 400ml. No crivo ficaram as partículas de diâmetro compreendido entre 2 e 0.2mm, a areia grossa.

Colocou-se o crivo com as partículas sobre um vidro de relógio, e deixou-se a secar na estufa a 100°-105°C durante 24 horas. Decorrido este período, retirou-se o crivo da estufa e deixou-se arrefecer. Sobre um vidro de relógio, com o auxílio de um pincel retirou-se alguma da areia fina aderente na parte exterior do fundo do crivo, a qual se deitou no frasco. Pesou-se o crivo com as partículas de solo, ao qual se subtraiu o seu peso previamente determinado, obtendo-se assim a quantidade de areia grossa na amostra. Após a adição das partículas de areia fina do fundo do crivo, a amostra encontra-se pronta para ser lida no sedimentógrafo.

A recolha de uma amostra representativa é fundamental para a obtenção de resultados aceitáveis, para tal o frasco de vidro que contem a suspensão foi colocado sobre uma placa de agitação de forma a manter a amostra homogénea. A seguir recolhe-se com o auxílio de uma seringa, 20ml da amostra que se introduziram na câmara de agitação do Sedimentógrafo, onde se procede a sua leitura de acordo com o manual. (Micromeritics 1988).

Terminada a leitura feita pelo Sedimentógrafo, toma-se nota do valor das fracções de argila, limo, e areia, ponderando com os valores obtidos na areia grossa.

c) Determinação da matéria orgânica, das bases de troca e da capacidade de troca catiónica.

A determinação da matéria orgânica, foi efectuada no laboratório de Física do Solo da Área Departamental de Ciências Agrárias da Universidade de Évora, realizada pela Sra. D. Helena, técnica deste laboratório, utilizando para o efeito a metodologia regularmente utilizada no referido laboratório, ou seja, oxidação da matéria orgânica pelo método Lichterfeld e determinação calorimétrica pelo método Riehm-Ulrich (Ass. Oss. Agric. Chm. 1945 method of analysis).

A determinação da capacidade de troca catiónica e das bases de troca, foram efectuadas no laboratório de Químico-Agrícola da Universidade de Évora, realizada pelo Sr. Tavares, técnico deste laboratório.

Método:

Lixiviação da amostra de sedimentos com excesso de uma solução de acetato de amónio 1N a pH7, para remoção dos catiões de troca. No extracto determinaram-se as bases de troca totais nomeadamente cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+) e potássio (K^+), e no resíduo determina-se a capacidade de troca catiónica.

1) Determinação das bases de troca: Por espectrofotometria de absorção atómica determinaram-se as quantidades de cálcio e de magnésio; por fotometria de emissão de chama determinaram-se o sódio e o potássio.

2) Determinação da capacidade de troca catiónica: Após a lavagem do resíduo (saturado com amónio) com álcool, para retirar o excesso de amónio presente na forma de acetato, destilação da amostra em corrente de vapor de água e em meio alcalino para libertação do NH_4^+ fixado pelo sol, e titulação com solução de soda cáustica.

TALHÃO	DATA	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Na(meq/100g)	K troca(meq/100g)	CTC
8	22-Jan-70	2,180	0,500	0,330	0,460	6,300
8	11-Set-72	3,210	0,670	0,300	0,510	5,900
8	09-Out-72	2,740	0,940	0,300	0,490	7,300
8	21-Dez-73	3,130	0,540	0,300	0,510	6,300
8	23-Dez-75	2,950	0,500	0,340	0,510	6,000
8	01-Out-76	2,430	0,650	0,300	0,420	6,300
8	15-Out-76	2,580	0,750	0,280	0,380	7,300
9	10-Jul-69	1,190	0,680	0,370	0,740	6,100
9	14-Out-69	0,830	0,990	0,500	0,420	5,500
9	22-Jan-70	0,710	0,780	0,500	0,380	5,500
9	11-Set-72	0,680	0,520	0,520	0,380	5,600
9	09-Out-72	0,730	1,200	0,230	0,250	5,200
9	27-Dez-73	0,900	0,540	0,540	0,570	4,500
9	23-Fev-75	1,180	0,690	0,470	0,690	6,200
9	28-Jun-76	0,830	0,780	0,270	0,290	6,500
9	30-Jun-76	0,710	1,150	0,230	0,280	5,400
9	01-Out-76	0,710	0,730	0,340	0,320	5,800
9	15-Out-76	0,550	1,090	0,180	0,090	6,300
12	27-Dez-73	1,630	0,940	0,110	0,310	4,500
12	16-Jun-75	0,690	0,670	0,550	0,250	5,000
13	21-Jan-69	5,250	0,290	0,210	0,270	6,020
13	14-Nov-69	3,970	1,610	0,220	0,420	6,800
13	14-Nov-69	5,160	0,470	0,250	0,300	6,300
13	22-Jan-70	4,170	0,380	0,210	0,230	5,500
13	27-Dez-73	4,300	0,320	0,220	0,260	6,000
13	16-Jun-75	1,940	1,040	0,110	0,230	5,600
13	23-Dez-75	3,100	0,380	0,150	0,230	5,800
13	09-Fev-76	1,780	1,040	0,130	0,280	6,200
14	21-Jan-69	6,140	0,670	0,280	0,370	8,000
14	01-Dez-70	5,000	0,460	0,250	0,300	6,400
14	27-Dez-73	5,700	0,650	0,100	0,300	7,600
14	15-Jan-74	4,700	0,490	0,220	0,230	6,200
14	21-Jan-75	8,040	0,420	0,230	0,240	9,400
14	23-Dez-75	6,260	0,670	0,270	0,410	8,100
15	20-Set-69	2,710	0,400	0,210	0,380	4,900
15	14-Out-69	2,740	0,440	0,160	0,240	5,600
15	14-Out-69	2,950	0,480	0,140	0,240	5,600
15	14-Nov-69	2,750	0,420	0,150	0,230	5,300
15	01-Dez-70	6,510	0,310	0,230	0,270	7,900
15	27-Jun-71	5,360	0,420	0,240	0,350	7,000

Quadro nº3- Resultados da análise química das amostras.

4.3. MEDIDAS DE ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A estatística descritiva consiste na recolha, apresentação, análise e interpretação de dados numéricos, através da criação de quadros, gráficos e indicadores numéricos. Deste modo permite descrever e compreender relações entre variáveis.

4.3.1- MÉDIA ARITMÉTICA

A média aritmética é a soma de todos os valores observados, divididos pelo número de observações.

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

x_i = valores individuais observados.

n = tamanho da amostra.

4.3.2- ANÁLISE DE VARIÂNCIA OU ANOVA

É um conjunto de técnicas que permitem analisar dados que estão dependentes de vários efeitos ou condições externas operando simultaneamente.

Aos efeitos ou condições externas que afectam os resultados de uma experiência chamamos factores.

A análise de variância com um fator foi o método utilizados para analisar os resultados obtidos, testando se existem diferenças significativas ou não, entre as médias de diferentes subpopulações.

4.3.3- HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA

A análise de frequência foi o método utilizado, após ter sido feita a análise de variância para analisar os resultados obtidos.

Foi através do histograma de frequência que representa graficamente distribuições de frequência e que consiste num conjunto de rectângulos que tem:

- As bases sobre um eixo horizontal (eixo do x) com centro no ponto médio e as larguras iguais às amplitudes dos intervalos das classes.
- As áreas proporcionais às frequências das classes.

A frequência relativa de uma classe é frequência dessa classe dividida pelo total de todas elas e é, geralmente expressa em percentagem.

Nos componentes dos solo *argila*, *limo*, *argila+limo*, *areia fina*, *areia grossa* e *areia fina+areia grossa*; os valores que considerei para análise foram expressos percentualmente relacionando a quantidade do componente de determinada amostra com as 40g de amostra de solo. Para tratar os dados estatisticamente com a finalidade de efetuar uma análise de frequência, estabeleci quatro classes com um intervalo de 25% entre elas e que se traduziram pelos seguintes intervalos:

Classe 1 – $\leq 25\%$

Classe 2 - $]25\% , 50\%]$

Classe 3 - $]50\% , 75\%]$

Classe 4 - $>75\%$

No componente do solo matéria orgânica, utilizou-se o mesmo método, descrito anteriormente com a diferença que se estabeleceram sete classes que se traduziram pelos seguintes intervalos:

Classe 1 – $\leq 1\%$

Classe 2 - $]1\% , 2\%]$

Classe 3 - $]2\% , 3\%]$

Classe 4 - $]3\% , 4\%]$

Classe 5 - $]4\% , 5\%]$

Classe 6 - $]5\% , 6\%]$

Classe 7 - $>6\%$

No componente fator de enriquecimento (FE) o método utilizado foi o mesmo, descrito anteriormente, em que se estabeleceram oito classes que se traduziram pelos seguintes intervalos:

Classe 1 – $\leq 0.5\%$

Classe 2 - $]0.5\% , 1\%]$

Classe 3 - $]1\% , 2\%]$

Classe 4 - $]2\% , 2.5\%]$

Classe 5 - $]2.5\% , 3\%]$

Classe 6 - $]3\% , 4\%]$

Classe 7 - $]4\% , 5\%]$

Classe 8 - $>5\%$

Nota: Os intervalos das classes foram estabelecidos tendo em consideração, os valores absolutos dos componentes das amostras em análise.

4.4. ELABORAÇÃO DOS AGRUPAMENTOS EM FUNÇÃO DE UM FATOR

O universo das amostras é bastante disperso e irregular relativamente ao período de tempo em estudo, assim houve a necessidade de as agrupar de diferentes maneiras de modo a existirem pontos de contacto entre elas que permitissem uma análise de comportamentos.

Para analisar os dados obtidos elaboraram-se 5 tipos de agrupamentos dos dados em função de uma determinada lógica com um factor comum determinante

O primeiro agrupamento foi realizado em função do **talhão**. As amostras pertencentes a determinado talhão foram associadas. Como cada talhão estava sujeito a uma determinada rotação cultural, com este agrupamento pretendia-se observar qual o comportamento de cada uma delas.

No agrupamento seguinte o fator que orientou a associação das amostras foi a **cultura do ano da rotação** em que foi recolhida a amostra. Com esta organização surgiram 5 grupos com as seguintes designações: trigo1 , trigo2 , leguminosa sideração, leguminosa grão e pastagem. Com este agrupamento pretende-se analisar o comportamento do factor de enriquecimento nas culturas.

O agrupamento seguinte e que foi designado por **cultura em curso** surgiu porque se verificou no anterior que por vezes na data em que determinada amostra era recolhida, ainda não estava instalada a cultura desse ano. O objectivo deste agrupamento é o mesmo do anterior surgindo como uma tentativa de maior aproximação às condições que efetivamente existiam na data da recolha da amostra.

Este agrupamento foi designado por **coberto de solo**. As amostras foram associadas em função da maior ou menor cobertura do solo (proteção) que existia na altura da recolha da amostra, independentemente da cultura que decorria. Resultaram três grupos: solo nú correspondente às situações em que não existia qualquer cultura ou vestígios; cobertura de solo fraca, restolho e culturas em emergência; e um terceiro grupo com as culturas estabelecidas que ofereciam uma regular cobertura de solo. Com este agrupamento pretendia-se analisar se a diferente cobertura/proteção de solo tinha diferentes comportamentos em termos do factor de enriquecimento.

Estabeleci um agrupamento em função do **nº de dias de precipitação** uma vez que o escoamento provocado pela precipitação foi o principal meio de transporte dos sedimentos para os tanques de recolha. Estabeleci 4 grupos, o primeiro designado por C5 em que foram incluídas as amostras sujeitas a precipitação com duração até cinco dias exclusive; o segundo designado por C10 em que foram incluídas as amostras sujeitas a precipitação com uma duração até 10 dias exclusive com inclusão do grupo C5; o terceiro grupo designado por >10 com inclusão das amostras com um nº de dias de precipitação superior a 10 dias inclusive, e por último um grupo de todas as amostras. Com este agrupamento pretendia-se verificar se o nº de dias de precipitação tinha alguma influência nos sedimentos recolhidos e consequentemente no Factor de Enriquecimento.

Por último criei dois agrupamentos de amostras de sedimentos. O primeiro foi constituído pelas amostras onde as culturas realizadas nos talhões foram a do trigo e leguminosas para grão ou sideração e foi designado por agrupamento **A**. O segundo agrupamento foi constituído pelas amostras em que ocorreu a pastagem sendo designado por agrupamento **B**. A intenção foi a de comparar o comportamento da pastagem face às culturas do trigo e leguminosas.

4.5. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

O objetivo da análise em componentes principais é encontrar uma transformação mais representativa e geralmente mais compacta das observações. O método de ACP transforma um vector aleatório $x \in R_m$ noutro vector $y \in R_n$ (para $n \leq m$) projetando x nas n direções ortogonais de maior variância - as componentes principais. Estas componentes são individualmente responsáveis pela variância das observações, e neste sentido, representam-nas mais claramente. Geralmente grande parte da variância dos dados é explicada por um número reduzido de componentes, sendo possível descartar as restantes sem grande perda de informação.

De facto, é possível demonstrar que o método de ACP é uma técnica ótima de redução linear de dimensão, relativa ao erro quadrático medio. A estimação das componentes principais é relativamente simples. Basta utilizar a informação contida na matriz de covariância dos dados.

Análise de Componentes Principais é um dos métodos estatísticos de múltiplas variáveis mais simples. A ACP é considerada a transformação linear ótima, dentre as transformadas de imagens, sendo muito utilizada pela comunidade de reconhecimento de padrões.

A análise multivariada torna-se uma ferramenta útil para agrupar resultados, quando as matrizes de origem são muito extensas (SOKAL & ROHLF, 1995). Tendo em conta a dimensão e estrutura dos dados recolhidos, efetuou-se uma análise multivariada, cuja sua função consistiu na sumarização dos dados (TER BRAAK, 1986, 1987, 1994; TER BRAAK & PRENTICE, 1988; TER BRAAK & VERDONSCHOT, 1995). Através dos resultados obtidos, pretende-se evidenciar uma estrutura onde seja possível formalizar hipóteses (SOKAL & ROHLF, 1995). Por este motivo, a análise multivariada revela-se extremamente eficaz em estudos de biosistemas.

5- APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Proponho-me apresentar e analisar todos os dados recolhidos durante a realização deste trabalho prático, valorizar as variáveis que influenciaram o factor de enriquecimento, concretamente o factor precipitação e o coberto do solo.

A estatística descritiva, através da análise de variância ou ANOVA e da realização de um conjunto de histogramas, foi o método escolhido para justificar a argumentação teórica acerca dos resultados que obtive. Este método tornou-me possível a obtenção de conclusões para o estudo em causa, sendo este complexo, como todos os estudos que envolvem processos naturais, pois os factores que os influenciam são inúmeros.

Deste estudo fazem parte 42 amostras de sedimentos referentes a 6 talhões, com os nº(s) 8, 9, 12, 13, 14 e 15. O período em estudo é de sete anos consecutivos compreendido entre 1969 e 1976 inclusive. As amostras foram recolhidas em todos os talhões em simultâneo, verificando-se que em alguns dos talhões não existiam sedimentos para recolher. No universo das amostras de solo em estudo verifica-se uma desigualdade quanto ao número de amostras por talhão. Como exemplo verifica-se que no talhão nº 12 dispomos de três amostras, em oposição o talhão nº 9 tem doze amostras.

Tendo em conta a caracterização anterior quanto ao universo das amostras, foi necessário equacionar o tipo de associação do nosso universo de modo a permitir-nos avaliar a evolução do factor de enriquecimento.

O âmbito do estudo foi assim alargado a outros factores que se consideraram relevantes e que poderiam traduzir a evolução do factor de enriquecimento em sua função. A associação que serviria de base ao estudo era o agrupamento das amostras por talhões em que se iria verificar a influência das rotações culturais. As outras associações ou agrupamentos que estabeleci foram em função da rotação do ano, cultura em curso, coberto do solo e nº de dias de precipitação.

Com esta abordagem pretende-se fundamentalmente efetuar uma aproximação, em que se evolui de uma organização geral para uma aproximação progressiva ao instante da recolha da amostra considerando os factores intrínsecos no momento da ocorrência do evento.

Para a análise seguinte consideraram-se como indicadores as classes de textura individualmente no caso da argila, limo, areia fina e areia grossa e o agrupamento de argila +limo e areia fina + areia grossa, e também a matéria orgânica. Além da análise destes elementos foi também efectuada uma análise do factor de enriquecimento que relaciona o solo original com a amostra. A ilustrar a análise dos resultados intercalaram-se os histogramas referentes ao conjunto *argila+limo*, *areia fina+areia grossa*, e *matéria orgânica*.

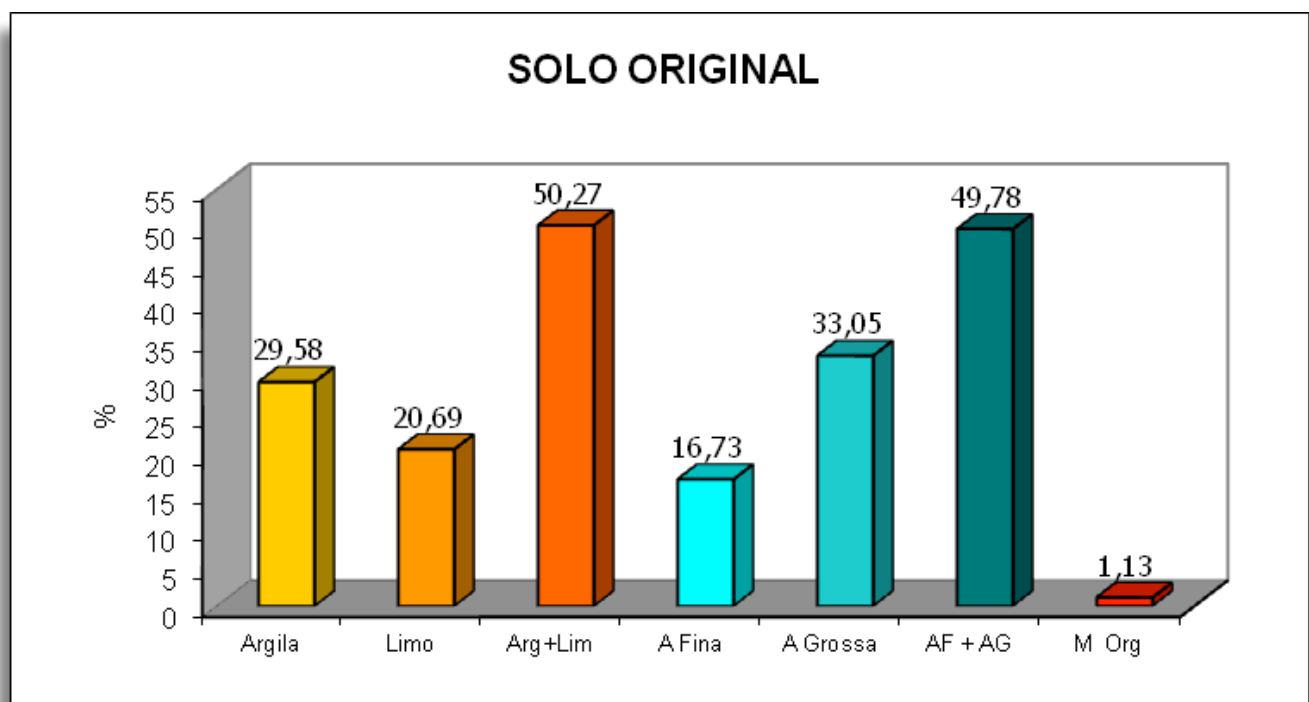


Figura 21- Composição do solo original.

5.1.AMOSTRAS AGRUPADAS POR TALHÃO

Agruparam-se as amostras de sedimentos por talhões ordenadas pela data, com a finalidade de se analisar a variação nos sedimentos recolhidos ao longo dos anos tendo em consideração a rotação cultural e a sua possível contribuição para o fator de enriquecimento (ver anexo I).

TALHÃO Nº	8	9	12	13	14	15
ANO	Rotação	Rotação	Rotação	Rotação	Rotação	Rotação
1969	Leguminosa-Sideração	Leguminosa-grão	Trigo 2	Trigo 1	Alqueive	Alqueive
1970	Trigo 2	Trigo 1	Leguminosa-grão	Leguminosa-sideração	Pastagem	Pastagem
1971	Leguminosa-grão	Leguminosa-sideração	Trigo 1	Trigo 2	Pastagem	Pastagem
1972	Trigo 1	Trigo 2	Leguminosa-sideração	Leguminosa-grão	Pastagem	Pastagem
1973	Leguminosa-sideração	Leguminosa-grão	Trigo 2	Trigo 1	Pastagem	Pastagem
1974	Trigo 2	Trigo 1	Leguminosa-grão	Leguminosa-sideração	Pastagem	Pastagem
1975	Leguminosa-grão	Leguminosa-sideração	Trigo 1	Trigo 2	Pastagem	Pastagem
1976	Trigo 2	Trigo 2	Leguminosa-sideração	Leguminosa-grão	Pastagem	Pastagem

Quadro 4 - rotações culturais

ANOVA

Componentes	Sedimentos	Factor de Enriquecimento
Argila %	N	N
Limo %	S	S
Argila + Limo %	N	N
Areia fina %	N	N
Areia grossa %	N	N
Af + Ag %	N	N
M. orgânica %	S	S

Quadro nº5 - Análise de variância

S – há diferenças significativas

N – não há diferenças significativas

Na análise variância efetuada no agrupamento acima referido (quadro nº5), verifica-se que existem diferenças significativas no limo e matéria orgânica.

Provavelmente existem diferenças nestes componentes, devido à sua menor dimensão e maior facilidade de mobilização e transporte através do escoamento superficial. Na argila e apesar da sua dimensão não se verifica este comportamento, pois está associada a fenómenos de ligação que dificultam a sua mobilidade.

TALHÃO N°	Solo original	8	9	12	13	14	15
		Média	Média	Média	média	média	média
Argila %	29.58	32.846	45.868	33.927	34.615	29.427	37.745
Limo %	20.69	34.169	31.739	21.063	29.730	39.710	48.182
Argila + Limo %	50.27	67.014	77.608	54.990	64.345	69.137	85.927
Areia fina %	16.73	11.141	6.492	10.133	9.976	9.512	6.892
Areia grossa %	33.05	21.989	16.399	34.875	25.677	21.354	7.182
Af + Ag %	49.78	33.131	22.891	45.008	35.654	30.865	14.074
M. orgânica %	1.13	5.394	4.446	2.743	5.216	4.020	3.385

Quadro 6 - comparação solo original c/valor médio das amostras

Comparando os valores dos talhões com os do solo original, verifica-se que em todos os talhões a média de argila + limo é superior ao valor do solo inicial, no caso de areia fina + areia grossa, passa-se o contrário, todos os valores da média são inferiores em todos os talhões., comparativamente com os do solo original.

O agrupamento da argila + limo traduz-nos os elementos «finos» do solo enquanto que o agrupamento areia fina + areia grossa serão os elementos «grossos» do solo. Verifica-se que ocorreu uma alteração nas proporções destes componentes com um nítido aumento do valor médio dos elementos mais finos. Esta análise é complementada pela visualização da distribuição dos valores pelas classes estabelecidas.

Tendo como base o método estatístico descrito anteriormente, verifica-se que:

a) A argila tem uma distribuição predominante pela classe 2 com uma frequência relativa que varia entre 33,33% e 75%. Em três dos talhões ocorrem valores na classe 3 com uma frequência relativa que varia entre 16.67% e 41.67% (ver anexo I). O valor para a argila no solo original era de 29.58% , comparativamente indica-nos que ocorreu um aumento moderado.

- b) O limo tem uma distribuição nítida na classe 2 e nos talhões nº 14 e 15 tem valores na classe 3. O valor do limo do solo inicial era de 20.69% pelo que se verifica um elevado aumento da sua proporção nos sedimentos recolhidos (ver anexo I).
- c) Consequentemente o comportamento *argila+limo* confirma o aumento dos seus componentes. O valor do solo original era de 50.27 que se situa no limiar da transição da classe 2 para 3, a distribuição dos sedimentos ocorre nas classes 3 e 4, com predominância na classe 4 (figura 22 A/F-anexo I).
- d) A areia fina em todos os talhões a sua distribuição ocorre na classe 1. O valor do solo original era de 16.73% e o valor médio de todos os talhões é inferior a este. Conclui-se que existiu uma redução da sua proporção nos sedimentos (ver anexo I).
- e) A areia grossa tem uma distribuição predominante na classe 1 com a exceção de alguns talhões em que se distribui nas classes 2 e 3. O valor do solo original era de 33.05% pelo que se percebe um aumento reduzido (ver anexo I).
- f) O agrupamento *areia fina+areia grossa* traduz o comportamento dos seus componentes, afetado pelo efeito sumativo com uma distribuição predominante na classe 1 com frequência relativa a variar entre 33.33% e 83.33%. Também se verifica a sua distribuição nas classe 2 e 3 o seu aumento foi reduzido tal como a areia grossa (figura 23 A/F-anexo I).
- g) A matéria orgânica no solo original tinha um valor de 1.13%. Em todos os talhões a sua média tem valores muito superiores, que se distribuem especialmente nas classes 4, 5 e >5 com frequências relativas muito elevadas na classe superior. Efetivamente existe um aumento muito elevado no seu teor (figura 24 A/F-anexo I).

5.1.1. FATOR DE ENRIQUECIMENTO

O fator de enriquecimento permite avaliar se existiu um aumento na proporção dos componentes constituintes do sedimento recolhido relativamente ao solo inicial. Neste agrupamento observa-se que os talhões 8, 9, 12 e 13 têm rotações culturais semelhantes existindo apenas um desfazamento de culturas no seu início. Os talhões nº(s). 14 e 15 são semelhantes pois a sua cultura é a pastagem. O agrupamento *argila+limo* distribui-se na classe, 1, 1.5 e 2 nos talhões nº 8, 9, 12 e 13. Nesta análise vou analisar apenas os elementos que considero representativos e que são *argila+limo*, *areia fina+areia grossa* e matéria orgânica.

Relativamente à *argila+limo*, verifica-se que em todos os talhões, existe uma frequência relativa $\geq 75\%$, no somatório das classes 3 e 4 com o valor superior na classe 4, à exceção do talhão nº12, com um comportamento diferente (figura 25C-anexo I). Outro aspeto importante é que no talhão 15 o factor de enriquecimento ocorreu com um valor acima de 1 em 100% das amostras (figura 25 A/F-anexo I).

Em relação à *areia fina+areia grossa* o seu comportamento foi o oposto da *argila+limo*, ou seja verifica-se que ocorreu enriquecimento na menor parte das amostras com valores de frequência relativa a variar entre 14.29% e 25% na classe 3 (figura 26 A/F-anexo I).

Na matéria orgânica verificam-se elevados valores no fator de enriquecimento, em todos os talhões com uma distribuição predominante a partir da classe 6. O talhão que tem um comportamento distinto, é o talhão nº15 que tem uma concentração na classe 7 de frequência relativa 83.33% (figura 27 A/F-anexo I).

5.1.2.COMENTÁRIO

Talhão/Ano	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	TOTAL
8		1		2	1		1	2	7
9	3	1		2	1		1	4	12
12		1			1		1		3
13	3	1			1		2	1	8
14	1	1			1	1	2		6
15	4	1	1						6
TOTAL	11	6	1	4	5	1	7	7	42

Quadro 7 – Distribuição das amostras pelos anos em estudo.

A intenção deste agrupamento seria a de verificar se a rotação cultural praticada em cada talhão tinha alguma influência no factor de enriquecimento. O que se verifica é que não há diferenciação visível entre as diferentes rotações tanto nas proporções relativas dos componentes do solo relativamente ao solo original e também na variação e distribuição do fator de enriquecimento. No quadro nº6. é possível visualizar como se distribuem as amostras pelos talhões e ao longo dos anos em estudo, observando-se uma distribuição muito irregular. Este aspeto seria menos importante se as

amostras se distribuíssem equitativamente pelos talhões ao longo do tempo, o que não acontece, verificando-se que temos um talhão com 3 amostras e paralelamente temos outro com 12. Quando à distribuição anual temos os anos de 1971 e 1974 apenas com uma amostra cada, e apenas no ano de 1970 se verifica uma amostra por talhão.

Considerando que a influência de uma rotação cultural em determinado solo é um processo dinâmico e contínuo, só através de uma recolha periódica e sistemática de amostras será possível avaliar a variação dos componentes do solo. Como o universo de amostras que disponho não se enquadra neste modelo afastando bastante, considero que provavelmente será esta a principal razão de dos resultados obtidos não transmitam um comportamento que à partida seria previsível e que se traduziria por uma diferenciação entre as diferentes rotações com comportamentos típicos.

Em termos gerais apenas se pode dizer que independentemente da rotação cultural observa-se que na *argila+limo* e matéria orgânica ocorre enriquecimento na maior parte dos eventos e na *areia fina+areia grossa* o enriquecimento apenas existe na menor parte dos eventos o que nos diz que em termos globais neste elemento o enriquecimento foi negativo. A influência da rotação não é clara.

5.2.AMOSTRAS AGRUPADAS PELA CULTURA DO ANO DA ROTAÇÃO

Agruparam-se as amostras de sedimentos em função da cultura, com a finalidade de se analisar a variação nos sedimentos recolhidos (ver anexo II). O fator comum neste agrupamento é a cultura indicada no respectivo quadro das rotações correspondente ao ano da recolha da amostra. Esta abordagem aproxima a análise ao espaço temporal do ano, apesar de se considerar que as características intrínsecas do coberto de solo não estão limitadas só a essa influência mas também às praticas culturais anteriores. A análise dos resultados baseou-se no mesmo método estatístico.

ANOVA

Componentes	Sedimentos	Factor de Enriquecimento
Argila %	N	N
Limo %	S	S
Argila + Limo %	N	N
Areia fina %	N	N
Areia grossa %	N	N
Af + Ag %	N	N
M. orgânica %	N	N

Quadro 8- Análise de variância

S – há diferenças significativas

N – não há diferenças significativas

Na análise de variância efectuada no agrupamento acima referido (quadro nº8), verifica-se que existem diferenças significativas no limo.

Provavelmente a diferenças neste componente é devido à sua menor dimensão e maior facilidade de mobilização e transporte através do escoamento superficial.

ROTAÇÃO	Solo original	Trigo 1	Trigo 2	Leg. Sid.	Leg. Grão	Pastagem
		Média	Média	Média	Média	Média
Argila %	29.58	35.366	42.081	40.313	39.914	34.867
Limo %	20.69	32.050	31.063	27.488	30.151	44.707
Argila + Limo %	50.27	67.416	73.144	67.800	68.066	79.575
Areia fina %	16.73	8.537	7.598	11.563	9.443	7.889
Areia grossa %	33.05	24.147	19.924	20.639	22.489	12.538
Af + Ag %	49.78	32.684	27.522	32.201	31.932	20.427
M. orgânica %	1.13	4.960	4.429	4.880	4.584	3.764

Quadro 9 - comparação solo original c/valor médio das amostras

Comparando os valores médios dos componentes em análise com os dos solo inicial verifica-se que existe uma nítida diferenciação entre o material mais fino, ou seja, argila e limo com valores superiores em todas as culturas, e as areias com valores inferiores. Consequentemente os agrupamentos têm o mesmo comportamento que seus componentes individualmente .

Quanto à sua distribuição verifica-se que:

- a) A argila tem uma distribuição predominante pela classe 2 em todas as culturas, com uma frequência que varia entre 50% e 72,73%. Na cultura trigo1, trigo2, leguminosa sideração e na pastagem também ocorrem valores na classe 3 com uma frequência relativa que varia entre 9.09% e 44.44 % (ver anexo IV)
- b) O limo tem uma distribuição nítida na classe 2 em quase todas as culturas, com uma frequência que varia entre 50% e 80% , com a exceção na pastagem onde há valores distribuídos na classe 3.
- c) A distribuição argila + limo predomina em todas as culturas na classe >3, com uma frequência que varia entre 25% e 72.73%. (figura 28 A/E - Anexo II).

Argila + limo - neste grupo verifica-se que na cultura trigo 1 e trigo 2 existe um aumento progressivo de concentração da classe 2 para a última classe. Na cultura leguminosa sideração e leguminosa grão têm um comportamento aproximado com uma distribuição homogénea pelas classe 2, 3 e 4. Por último na pastagem verifica-se um comportamento distinto com concentração máxima dos eventos na última classe com uma frequência relativa de 72.73%.

- d) A areia fina em todas as culturas a sua distribuição ocorre na classe 1, com uma frequência de 100%.
- e) A areia grossa tem uma distribuição predominante na classe 1 em todas as culturas, com uma frequência que varia entre 75% e 90.91%. Também se verifica a sua distribuição nas classe 2 e 3. (anexo IV).
- f) O agrupamento areia fina + areia grossa traduz o comportamento dos seus componentes , afetado pelo efeito somativo com uma distribuição predominante na classe 1 com frequência relativa a variar entre 25% e 72.73%. Também se verifica a sua distribuição nas classe 2 e 3. (figura 29 A/E – Anexo II).

Areia fina + areia grossa – No caso deste grupo o seu comportamento em termos gráficos, é o negativo do agrupamento anterior. Com uma concentração na classe 1 nas culturas do trigo, as leguminosas têm a distribuição pelas classes 1, 2 e 3 e a pastagem com uma maior concentração na classe onde apresenta a maior frequência relativa.

- g) A matéria orgânica em todas as culturas tem uma distribuição predominante nas classes >3. (figura 30 A/E – Anexo II).

Matéria orgânica – Este componente tem um comportamento também diferente em função da cultura, em que se identifica uma distribuição semelhante nas culturas do trigo, o mesmo nas

leguminosas, e da mesma forma a pastagem tem um comportamento distinto com uma concentração dos eventos na classe 4 com uma frequência relativa de 54.55%.

5.2.1.FACTOR DE ENRIQUECIMENTO

Na argila+limo observa-se uma tendência de distribuição com uma concentração dos eventos na classe 3 e 4 cujo intervalo está compreendido entre 1 e 2. Identifica-se um comportamento semelhante entre a cultura de trigo1 e trigo 2 ; entre leguminosa de sideração e leguminosa para grão; e na pastagem individualmente. No caso da cultura do trigo e pastagem verifica-se uma maior frequência relativa na classe 4 com o intervalo entre 1,5 e 2 (figura 31 A/E – Anexo II).

Consequentemente o comportamento da areia fina+areia grossa tem enriquecimento deste elemento numa pequena parte dos eventos, em que a sua frequência relativa varia entre 20% e 28,57 no caso da cultura do trigo e leguminosa, na pastagem apenas se verifica enriquecimento em 9,09% das amostras (figura 32 A/E – Anexo II).

Na matéria orgânica existe enriquecimento positivo em todas as culturas sendo de salientar que no caso de leguminosa para sideração tem 100% de frequência no intervalo entre 4 e 5 (figura 33 A/E– Anexo II).

5.2.2.COMENTÁRIO

Neste agrupamento o fator de enriquecimento é positivo na maioria das amostras de *argila+limo* e matéria orgânica. Na *areia fina+areia grossa* apenas existe enriquecimento em cerca de ¼ das amostras. No entanto é possível identificar que cada cultura tem curvas diferentes de enriquecimento, sendo comprovada pelos trigos, leguminosas e pela pastagem

Este comportamento indica que a cultura é condicionante ou determinante para o fator de enriquecimento. Cada cultura é caracterizada por: qualidade intrínsecas da espécie, mobilizações do solo, coberto de solo que oferece, resíduos após colheita ou sideração entre outros.

É de salientar que na cultura do trigo verifica-se um maior enriquecimento na argila+limo comparativamente às leguminosas.

Na pastagem verifica-se um enriquecimento com a concentração dos valores praticamente na mesma classe. Em minha opinião como esta cultura se manteve sempre instalada demonstra uma maior estabilidade, pois as variações são menores existindo uma maior proteção de solo e estabilização. As outras culturas decorreram em alternância dando origem a diferentes fases do ciclo cultural, quando se recolheram as amostras.

5.3. AMOSTRAS AGRUPADAS PELA CULTURA EM CURSO

Agruparam-se as amostras de sedimentos em função da cultura em curso (Anexo III). Este agrupamento surgiu no seguimento do anterior, pois verifica-se que em algumas amostras a cultura em curso não corresponde à cultura da rotação para esse ano (ver anexo III). Por se pretender um maior rigor no fator comum de ligação das amostras agruparam-se pela cultura que efetivamente ocorria no momento da recolha da amostra. Penso que desta forma se consegue uma melhor aproximação à realidade de campo no instante da recolha

ANOVA

Componentes	Sedimentos	Factor de Enriquecimento
Argila %	N	N
Limo %	S	S
Argila + Limo %	N	N
Areia fina %	N	N
Areia grossa %	N	N
Af + Ag %	N	N
M. orgânica %	N	N

Quadro 10 - Análise de variância

S – há diferenças significativas

N – não há diferenças significativas

À semelhança do anterior agrupamento, na análise de variância efectuada no agrupamento acima referido (quadro nº10), verifica-se que apenas existem diferenças significativas no limo.

Provavelmente a diferenças neste componente é devido à sua menor dimensão e maior facilidade de mobilização e transporte através do escoamento superficial.

ROTAÇÃO	Solo original	Trigo 1C Média	Trigo 2C Média	Leg. Sid. C Média	Leg. Grão C Média	Pastagem C Média
Argila %	29.58	34.284	35.733	43.903	38.523	34.867
Limo %	20.69	29.654	23.033	33.338	32.409	44.707
Argila + Limo %	50.27	63.938	58.765	77.241	70.932	79.575
Areia fina %	16.73	9.329	11.358	7.213	9.013	7.889
Areia grossa %	33.05	26.859	29.875	16.212	20.053	12.538
Af + Ag %	49.78	36.188	41.232	23.426	29.066	20.427
M. orgânica %	1.13	4.928	3.938	4.689	4.856	3.764

Quadro 11 - comparação solo original c/valor médio das amostras

Em comparação com o solo inicial verifica-se que em todas as culturas a média da argila + limo é superior ao seu valor, em contrapartida no caso da areia fina + areia grossa verifica-se o contrário, todos os valores da média são inferiores.

Tendo como base o método estatístico descrito anteriormente, verifica-se que:

a) A argila tem uma distribuição predominante pela classe 2 em quase todas as culturas em curso, com uma frequência que varia entre 33.33% e 75%. Na cultura , leguminosa sideração, leguminosa grão e na pastagem também ocorrem valores na classe 3 com uma frequência relativa que varia entre 9.09% e 55.56% (ver anexo III).

b) O limo tem uma distribuição nítida na classe 2 em quase todas as culturas, com uma frequência que varia entre 50% e 88.89% , com a exceção na pastagem onde há valores distribuídos na classe 3.

A distribuição argila +limo predomina em todas as culturas na classe >3, com uma frequência que varia entre 37.50% e 72.73%. (ver figura 34 A/E – Anexo III).

c) A areia fina em todas as culturas a sua distribuição ocorre na classe 1, com uma frequência de 100%.

d) A areia grossa tem uma distribuição predominante na classe 1 em todas as culturas, com uma frequência que varia entre 50% e 90.91 %. Também se verifica a sua distribuição nas classe 2 e 3. (anexo V).

e) O agrupamento areia fina +areia grossa traduz o comportamento dos seus componentes , afectado pelo efeito somativo com uma distribuição predominante na classe 1 com frequência relativa a variar entre 37.50% e 72.73%. Também se verifica a sua distribuição nas classe 2 e 3. (figura 35 A/E – Anexo III).

f) A matéria orgânica em todas as culturas tem uma distribuição predominante nas classes >3. (figura 36 A/E – Anexo III).

5.3.1.FATOR DE ENRIQUECIMENTO

Para a argila+limo se considerarmos o intervalo entre 1 e 2 verifica-se que é neste que se concentram a maior parte das amostras, com a cultura da pastagem a continuar com uma maior concentração de amostras na classe 4 (figura 37 A/E – Anexo III).

No caso da areia grossa+areia fina tem um comportamento semelhante ao anterior agrupamento (figura 38 A/E – Anexo III).

A matéria orgânica tem enriquecimento positivo em todas as culturas e em todas as amostras. (figura 39 A/E – Anexo III)

5.3.2.COMENTÁRIO

Em termos comparativos com o anterior agrupamento este teve um comportamento semelhante nos pontos fundamentais.

O fator de enriquecimento na maioria das amostras de argila +limo é superior a unidade em todas as culturas, ocorrendo na pastagem uma concentração na classe 4, com uma frequência relativa de 72,73%.

Na *areia fina+areia grossa* , em todas as culturas existe um pequeno número de amostras nas quais ocorreu enriquecimento, variando entre 9% na pastagem e 50% no trigo 2 (ver fig.38 A/E – Anexo III)

Na matéria orgânica, ocorreu enriquecimento em 100% das amostras, concentrando-se a distribuição dos valores nas três classes superiores, a exceção do trigo 2, com uma distribuição ao longo de quatro classes e da pastagem com uma concentração na classe 7 definida pelo intervalo entre 3 e 4 com uma frequência relativa de 63,64% (ver fig 39 A/E – Anexo III).

Mais uma vez a cultura é determinante para o fator de enriquecimento, ocorrendo novamente na pastagem um enriquecimento com a concentração dos valores praticamente na mesma classe.

5.4. AMOSTRAS AGRUPADAS POR COBERTO DE SOLO

Agruparam-se as amostras de sedimentos em função do coberto do solo (ver anexo IV).

Definiram-se 3 classes; solo nú, cobertura de solo fraca, cobertura de solo regular, agrupando as amostras com a finalidade de se analisar a variação nos sedimentos recolhidos.

No agrupamento solo nú foram incluídos os talhões com o seguinte coberto: alqueive preto, alqueive gradado, alqueive de sideração, alqueive entorroadado e escarificação de sementeira.

No agrupamento cobertura de solo fraca foram incluídos os talhões com o seguinte coberto: restolho de trigo, trevo a despontar, trigo a despontar e pastagem fraca.

No agrupamento cobertura de solo regular foram incluídos os talhões com a seguinte cobertura de solo: trevo regular, trigo regular e tremocilha regular.

Penso que esta organização dos talhões representa mais um passo para a avaliação dos eventos na medida em que traduz a realidade do coberto no instante da recolha. Pois independentemente da cultura em curso, o seu estado de desenvolvimento é um fator importante na proteção e resistência do solo à remoção das partículas, a camada que se acumula sobre o solo é o principal agente de defesa, não só pela absorção do impacto das gotas de chuva, mas também pelo aumento da porosidade do solo. Uma cobertura permanente no solo é a forma adequada para a sua conservação.

ANOVA

Componentes	Sedimentos	Factor de Enriquecimento
Argila %	N	N
Limo %	S	S
Argila + Limo %	S	S
Areia fina %	S	S
Areia grossa %	N	N
Af + Ag %	S	S
M. orgânica %	N	N

Quadro 12 - Análise de variância

S – há diferenças significativas

N – não há diferenças significativas

Na análise de variância efectuada no agrupamento acima referido (quadro nº12), verifica-se que existem diferenças significativas no limo, argila+limo, areia fina e areia fina+areia grossa.

As diferenças ocorrem nos componentes de menor dimensão com exceção da argila em que tal não se verifica. É de salientar que no caso do limo e areia fina as suas diferenças individualmente são de tal modo que conseguem afetar o resultado nas associações que fazem parte argila+limo e areia fina+areia grossa respetivamente.

Este agrupamento evidencia que a cobertura de solo no momento da precipitação influencia a natureza dos sedimentos com a sua maior ou menor proteção.

COBERTURA	<i>Solo original</i>	<i>Solo nú</i>	<i>Solo cobertura fraca</i>	<i>Solo cobertura regular</i>
		<i>Média</i>	<i>Média</i>	<i>Média</i>
Argila %	29.58	41.670	31.403	34.104
Limo %	20.69	38.497	38.623	26.394
Argila + Limo %	50.27	80.167	70.025	60.498
Areia fina %	16.73	6.836	8.163	11.607
Areia grossa %	33.05	13.348	21.812	27.894
Af + Ag %	49.78	20.184	29.975	39.501
M. orgânica %	1.13	4.350	4.286	4.587

Quadro 13 - comparação solo original c/valor médio das amostras

Comparativamente ao solo inicial verifica-se que em todas as classes de coberto a média da argila + limo é superior ao seu valor, em contrapartida no caso da areia fina + areia grossa todos os valores da média são inferiores. Outra tendência que me parece mais importante e representativa é que o valor da média argila + limo diminui com o aumento de cobertura do solo, isto é, maior desenvolvimento da cultura maior proteção menor arrastamento.

Em oposição a areia fina + areia grossa a sua média vai aumentando com o aumento do coberto, esta situação aparentemente contraria a anterior explicação. Provavelmente o arrastamento destas partículas está afetado por qualquer outro fator além do coberto.

A análise da média pode gerar uma dificuldade de interpretação dos dados pelo que seguidamente analiso-os quanto à sua distribuição pelas classes estabelecidas.

- No agrupamento solo nú é de salientar que a argila tem uma distribuição na classe 2 e 3 com uma frequência relativa de 55.0% e 30.0% respectivamente. Nos outros dois agrupamentos verifica-se que uma concentração na classe 2 talvez resultante de uma maior proteção exercida pelo coberto.
- O limo tem um comportamento algo semelhante ao da argila.
- A distribuição argila + limo traduz com bastante clareza a tendência do aumento da proteção pois existe uma nítida regressão da concentração dos valores, que no caso do solo nú tem 75% de frequência relativa na classe superior, no agrupamento cobertura solo fraca diminui para 62,5% e no agrupamento cobertura de solo regular a frequência relativa tem o valor 21.43% (figura 40 A/C – Anexo IV).
- A areia fina em todos os agrupamentos a sua distribuição ocorre na classe 1, com uma frequência de 100% (anexo IV).
- A areia grossa tem uma distribuição predominante na classe 1 em todos os agrupamentos, com uma frequência que varia entre 50% e 85%. Também se verifica a sua distribuição nas classe 2 e 3. (ver anexo IV).
- O agrupamento areia fina + areia grossa traduz o comportamento dos seus componentes, afectado pelo efeito somativo com uma distribuição predominante na classe 1 com frequência relativa a variar entre 37.50% e 72.73%. Também se verifica a sua distribuição nas classe 2 e 3. (figura 40 D/F – Anexo IV).

g) A matéria orgânica em todas as culturas tem uma distribuição predominante nas classes >3. (figura 41 A/C – Anexo IV).

Neste agrupamento ainda efetuei uma análise utilizando o factor escoamento. O método foi o mesmo, tendo estabelecido 4 classes de intervalo definidas por: até 5%, 5% - 10%, 10%-20% e >20%. Os resultados obtidos em que se pretende uma análise da distribuição dos eventos foi inconclusivo para mim, pois pretendia estabelecer uma relação indireta com a interação do escoamento superficial com o coberto de solo. Esta abordagem evolui para o seguinte agrupamento em que o fator de associação foi o nº de dias de precipitação pois verifiquei que existem grandes variações que podem influenciar o comportamento dos talhões traduzido nos sedimentos recolhidos (Anexo IV).

5.4.1.FATOR DE ENRIQUECIMENTO

Na argila+limo da associação solo nú, observa-se uma frequência relativa de 70% das amostras na classe 4 que tem um intervalo compreendido entre 1.5 e 2. Na cobertura de solo fraca e regular existe uma diminuição de frequência traduzindo um menor enriquecimento (figura 42 A/C –Anexo IV).

A areia fina+areia grossa apenas se verifica um ligeiro enriquecimento em cerca de $\frac{1}{4}$ das amostras de todas as associações (figura 42 D/F – Anexo IV).

A matéria orgânica tem um comportamento muito semelhante em todas as associações com uma concentração de valores nas últimas 3 classes (figura 43 A/C – anexo IV).

5.4.2 COMENTÁRIO

“A cobertura vegetal além da intercepção das gotas de água pela folhagem, atua através da transpiração dos tecidos, na devolução de grande quantidade de água a atmosfera, atua na proteção direta do solo contra o impacto das gotas de água, atua através do efeito aglutinante do sistema radicular sobre as partículas de solo, atua pela penetração das raízes através do perfil, as quais ao decompor-se deixam numerosas cavidades tubulares que aumentam a infiltração da água e o arejamento, atua na melhoria da estrutura do solo, aumentando a sua estabilidade, e consequentemente mantém uma elevada macroporosidade desse solo, atua pelo aumento do atrito superficial e dispersão lateral do escoamento, na redução do caudal e velocidade desse escoamento diminuindo o seu potencial erosivo” (Castro 1965).

Neste agrupamento observa-se que a cobertura de solo é importante para a mobilização dos seus componentes através da precipitação e posterior escoamento. À medida que o tamanho das partículas aumenta também aumenta a dificuldade de mobilização. Isto comprova-se da seguinte forma, a matéria orgânica tem comportamento semelhante em todas as associações, na argila+limo já se verifica que uma maior cobertura de solo tem menor enriquecimento, e nas areias já existe um fraco enriquecimento em todas as associações. Penso que o limiar de capacidade de arrastamento da precipitação que ocorreu está traduzido na dimensão da argila e limo, pois a partir destes o enriquecimento é fraco. O factor intensidade de precipitação é-me desconhecido pelo que não foi possível analisá-lo.

Este comportamento é visível nos histogramas do factor de enriquecimento da argila+limo em que se observa que no solo nú há uma concentração dos valores na classe até 2.00 com 70% de frequência relativa. Na cobertura de solo fraca verifica-se que ocorre uma concentração na mesma classe mas com

frequência relativa de 62,5%. Para a cobertura de solo regular a tendência de regressão mantém-se com uma concentração de valores na classe inferior de frequência relativa de 50%.

Nas areias observa-se um comportamento diferente comparativamente aos componentes “finos” (argila+limo), nesta situação a maior parte das amostras tem valores para o fator de enriquecimento ≤ 1 . Apenas na cobertura de solo regular 35% das amostras têm valores nas classes superiores a 1. Este comportamento provavelmente está relacionado com a natureza do solo e/ou com a intensidade e quantidade da precipitação.

Os terrenos com fraca cobertura vegetal estão sujeitos à erosão dita laminar, de acordo com as características intrínsecas do solo, declive, distribuição e quantidade das chuvas, esta erosão é particularmente prejudicial pela sua ação seletiva sobre as partículas do solo. Arrasta primeiro as partículas mais pequenas desenvolvendo-se em face disso o pavimento de erosão.

Em conclusão o que se verifica é que o fator de enriquecimento atinge valores mais elevados na parte fina dos sedimentos (argila+limo) diminuído no entanto com o aumento da cobertura de solo onde tem uma maior proteção o que dificulta a desagregação das partículas. O facto de nas areias o fator de enriquecimento atingir valores na sua maior parte inferiores à unidade talvez esteja relacionada com o que se referiu como “erosão laminar” pois é na classe de cobertura de solo nú em que os valores se enquadram nesta explicação.

5.5. AMOSTRAS AGRUPADAS EM FUNÇÃO DO Nº DE DIAS DE PRECIPITAÇÃO

A quantidade e a duração da precipitação, são factores importantes no arrastamento de sedimentos. As gotas de água ao atingirem o solo “explodem” de encontro a este, contribuindo decisivamente para o processo erosivo, fracionando os agregados, destacando as partículas, obstruindo os poros superficiais e conferindo maior turbulência à água que escorre à superfície. Contudo é a água que escorre que fundamentalmente remove as partículas de um solo em quantidade variável, de acordo com o volume de água que escorre e respetiva velocidade, além das resistências que se lhes opõem. Daí a importância dada inicialmente à precipitação.

Os dias de precipitação nos dados dos talhões variam entre 1 dia e 28 dias. Esta variação pode originar uma acumulação de sedimentos com o aumento dos dias de precipitação. Como pretendo analisar os sedimentos, eliminando se possível os fatores que distorcem a realidade do instante da recolha e o evento que lhe deu origem. Com o aumento do nº de dias de precipitação vai-se verificar um efeito cumulativo que altera a realidade da amostra não sendo possível avaliar objectivamente os desvios.

Considerando o fator precipitação, agruparam-se os eventos por número de dias de chuva, e estabeleceram-se classes. Os dados foram associados para verificar de que modo o comportamento dos sedimentos recolhidos era influenciado ou não pelo nº de dias. A primeira classe engloba os dados de todos os talhões. A classe denominada C5 agrupa os dados com o nº de dias de precipitação abaixo de 5. O agrupamento denominado C10 agrupa os dados dos talhões com um nº de dias de precipitação inferiores a 10 incluindo os do agrupamento C5. O último agrupamento associa os dados dos talhões com um nº de dias superior a 10 inclusive. (ver anexo V).

Em função destas classes, analisou-se o comportamento dos sedimentos finos , grossos, e da matéria orgânica.

ANOVA

Componentes	Sedimentos	Factor de Enriquecimento
Argila %	N	N
Limo %	S	S
Argila + Limo %	S	S
Areia fina %	S	S
Areia grossa %	S	S
Af + Ag %	S	S
M. orgânica %	N	N

Quadro 14 - Análise de variância.

S – há diferenças significativas

N – não há diferenças significativas

Na análise de variância efectuada no agrupamento acima referido (quadro nº12), verifica-se que existem diferenças significativas em todos os componentes à exceção da argila e matéria orgânica.

As diferenças ocorrem na generalidade dos componentes apenas se podendo dizer que o factor nº de dias de chuva influencia a natureza dos sedimentos.

CLASSE	Solo original	Total de amostras	C5	C10	>10
		Média	Média	Média	Média
Argila %	29.58	37.192	43.062	40.376	32.947
Limo %	20.69	34.486	39.997	39.016	28.447
Argila + Limo %	50.27	71.679	83.059	79.392	61.394
Areia fina %	16.73	8.679	6.412	6.875	11.085
Areia grossa %	33.05	19.809	10.526	14.025	27.521
Af + Ag %	49.78	28.488	16.939	20.899	38.606
M. orgânica %	1.13	74.417	4.598	4.360	4.492

Quadro 15 - comparação solo original c/valor médio das amostras.

Comparando as médias dos componentes dos sedimentos com os do solo original, verifica-se que a tendência é a mesma dos anteriores agrupamentos, com a argila, limo e argila + limo com valor da média superior ao do solo original. No caso da areia fina, areia grossa areia fina + areia grossa em todas as classes o valor da média é inferior ao do solo original.

- Quanto à sua distribuição nas classes, verifica-se que o agrupamento C5 se distingue dos outros pelo sua diferente distribuição dos valores. A argila tem uma distribuição em igual frequência relativa na classe 2 e 3 , os outros agrupamentos têm uma concentração na classe 2.
- O limo em C5 distribui-se pelas classes 2 e 3 com uma frequência relativa de 77.78% na classe 2. Os outros agrupamentos têm uma distribuição em que a frequência maior situa-se na classe 2 mas com distribuição pela classe 1 e 3 (ver anexo V).
- A argila + limo confirmam o seu comportamento individual (figura 44 A/D – Anexo V).
- A areia fina em todos os agrupamentos a sua distribuição ocorre na classe 1, com uma frequência de 100%.
- A areia grossa mais uma vez em C5 tem um comportamento distinto com uma distribuição de 100% na classe 1. Os outros agrupamentos têm todos eles uma distribuição pelas classes 1, 2 e 3, com uma concentração na classe 1 (anexo V).
- A areia fina+areia grossa tem uma distribuição predominante na classe 1 e 2.
- A matéria orgânica em C5 tem uma concentração na classe 4 com uma frequência relativa de 55.56%, enquanto que nos outros agrupamentos se verifica uma distribuição pela maioria das classes (figura 46 A/D – anexo V).

Com esta análise observa-se que na realidade o nº de dias de precipitação influencia as proporções relativas dos componentes dos sedimentos. No caso do agrupamento C5 pela distribuição nas classes considero que será aquele que melhor ilustra o fenómeno em estudo. Por último é de salientar que independentemente da cultura existente no solo bem como da fase de desenvolvimento em que se encontra, o factor tempo de precipitação neste caso traduz um comportamento diferente e identificado nos sedimentos depositados.

5.5.1. FACTOR DE ENRIQUECIMENTO

Neste agrupamento identifica-se que com o aumento dos dias de precipitação ocorre um aumento relativo do enriquecimento. Comparando C5 e C10 verifica-se que o enriquecimento na argila+limo e areia fina+areia grossa (figura 47 A/F – Anexo V) em C10 tem sempre uma distribuição na classe acima. A matéria orgânica (figura 48 A/C – Anexo V) tem um comportamento semelhante aos outros agrupamentos com concentração de valores nas classes superiores.

5.5.2. COMENTÁRIO

(Stroosnijder 1995; Ghadiri & Rose 1991b; Palis et al. 1990b) referem que o destacamento pela chuva apresenta uma tendência para provocar, principalmente numa fase inicial, sedimentos de dimensão muito mais fina que a do solo original. Deste modo, valores de enriquecimento maiores que a unidade resultarão quando este processo erosivo contribui significativamente para a concentração de sedimentos erodidos. Nestas situações, os seus valores diminuem com o aumento da quantidade de solo erodido, devido à distribuição de tamanhos dos sedimentos, com o decorrer do episódio erosivo, se aproximar da distribuição do solo original (Palis et al. 1990a).

A descrição acima ilustra o comportamento dos sedimentos organizados em função do nº de dias de precipitação.

Tal como já foi referido o agrupamento C5 comporta-se de forma distinta comparativamente aos restantes agrupamentos em que o fator de enriquecimento tem valores acima de 1 em 100% das amostras para argila+limo. Nas areias em 100% das amostras o fator de enriquecimento tem valor menor ou igual 1. Este resultado pode-se explicar considerando que os eventos de precipitação com duração até 5 dias (exclusive) para este tipo de solo, desprezando a cultura, têm as características de arrastamento descritas para a fase inicial da chuvada, ou seja, provoca um arrastamento das partículas finas do solo em grande quantidade.

Com o aumento do número de dias de precipitação e analisando os outros agrupamentos para a argila+limo em C10 , >10 e total de amostras observa-se que apesar de existir uma distribuição nas duas classes inferiores de intervalo, a maioria dos valores distribui-se nas classes, em que o factor de enriquecimento é superior a 1. Isto significa que o efeito de destacamento pela chuva, se continua a fazer sentir nos outros agrupamentos, diminuindo no entanto, com o aumento do número de dias de precipitação.

5.6. COMPARAÇÃO DOS AGRUPAMENTOS DE AMOSTRAS “TRIGO+LEGUMINOSA” E “PASTAGEM”.

Criaram-se dois agrupamentos de amostras de sedimentos com a finalidade de comparar a pastagem com todas as outras culturas. Assim, resultaram dois agrupamentos designados por “Trigo+leguminosa”(A) e “pastagem”(B) (ver anexo VI).

Esta abordagem resulta do facto de se ter verificado que o comportamento da pastagem era diferente de todas as outras culturas em análise. Além desse aspecto também considero que a pastagem se enquadra numa fitocenose mais estável uma vez que se trata de uma situação mais naturalizada com ciclo permanente sem mobilizações de solo.

ANOVA

Componentes	Sedimentos	Factor de Enriquecimento
Argila %	N	N
Limo %	S	S
Argila + Limo %	N	N
Areia fina %	N	N
Areia grossa %	N	N
Af + Ag %	N	N
M. orgânica %	S	S

Quadro 16 - Análise de variância.

S – há diferenças significativas

N – não há diferenças significativas

Na análise de variância efectuada no agrupamento acima referido (quadro nº16), verifica-se que existem diferenças significativas no limo e matéria orgânica. O comportamento é semelhante ao agrupamento “*talhão*”. Isto poderá significar que o esquema do agrupamento “*talhão*” com a organização por talhões e em que a sua análise é efectuada tendo por base as rotações culturais, se pode reduzir a um agrupamento constituído por dois grupos “trigo+leguminosa” e “pastagem”.

COBERTURA	Solo original	Trigo+Leguminosa (A)	Pastagem(B)
		Média	Média
Argila %	29.58	38.635	33.586
Limo %	20.69	30.703	43.946
Argila + Limo %	50.27	69.337	77.532
Areia fina %	16.73	8.870	8.202
Areia grossa %	33.05	22.025	14.268
Af + Ag %	49.78	30.895	22.470
M. orgânica %	1.13	4.702	3.703

Quadro 17- comparação solo original c/valor médio das amostras.

Comparando os valores médios dos componentes em análise com os dos solo inicial verifica-se que existe uma nítida diferenciação entre o material mais fino, ou seja, argila e limo com valores superiores em todas as culturas, e as areias com valores inferiores.

Quanto à sua distribuição verifica-se que:

- a) Argila+limo no agrupamento A existe uma distribuição ao longo das classes 2,3 e 4 com um valor mínimo acima de 25% de argila+limo e a frequência relativa mais elevada ocorre na classe 4 com um valor de 50% das amostras com valores de argila +limo acima dos 75%.(figura 49/E – Anexo VI). Argila+limo no agrupamento B tem uma concentração de amostras na classe 4(mais elevada) com uma frequência relativa de 66.67% delas com valores acima de 75% para argila+limo.(figura 49/F – Anexo VI).
- c) Relativamente às areias e uma vez que o seu valor se traduz percentualmente em relação aos 100% da amostra, verifica-se então que os valores de areia fina+areia grossa são baixos com uma distribuição concentrada na classe 1. Sendo ainda de salientar o facto da média destes agrupamentos para as areias apresentarem valores muito inferiores ao do solo original (figura 50/E, F –Anexo VI).
- d) Matéria orgânica no agrupamento A tem uma distribuição por todas as classes à exceção da classe 1
- e) 0 sem amostras, identificando-se uma curva ascendente progressiva com um maior número de amostras na classe superior em que tem uma frequência relativa de 50% das amostras com valores para a matéria orgânica acima dos 5%. No agrupamento B, verifica-se uma concentração das amostras na classe 4 com uma frequência relativa de 58.33%, significando que este número de amostras tem valores para a matéria orgânica compreendidos entre 4% e 5%. (figura 51/A, B – Anexo VI).

5.6.1 FATOR ENRIQUECIMENTO

Relativamente à argila+limo e comparando os dois agrupamentos de amostras verifica-se que é no agrupamento B em que existe um maior número de amostras com valor superior do Fator de Enriquecimento com distribuição na classe 4 de frequência relativa de 66.67%, enquanto que no agrupamento A a frequência relativa é de 46.67 existindo uma diferença de cerca de 20 %.(figura 52/E, F – Anexo VI).

Nas areias verifica-se que no agrupamento A 23.33% das amostras têm um valor de Fator de Enriquecimento superior à unidade. No agrupamento B apenas uma amostra que corresponde a 8.33% do universo das amostras, tem um Fator de Enriquecimento superior à unidade. (figura 53/ E, F Anexo VI).

Na Matéria Orgânica verifica-se nos dois agrupamentos que em 100% das amostras os valores do Fator de Enriquecimento são superiores à unidade. Quanto à sua distribuição pelas classes estabelecidas: no agrupamento A 86.66% das amostras está concentrada nas três classes superiores. No

agrupamento B ocorre uma concentração das amostras na classe 7 com uma frequência relativa de 58.33%. Em termos absolutos verifica-se que o Factor de Enriquecimento obtém valores superiores no agrupamento Trigo+Leguminosa. (figura 54/A, B – anexo VI).

5.6.2. COMENTÁRIO

Entre os dois agrupamentos é de salientar o seguinte: observa-se que no agrupamento B é onde existe um maior enriquecimento no material mais fino; no agrupamento A é onde as areias têm para o fator de enriquecimento valores acima da unidade; na matéria orgânica é no agrupamento A onde se obtém valores superiores.

Este comportamento talvez esteja relacionado com o facto da pastagem garantir uma maior estabilidade na camada erosionável, uma vez que se trata de uma cultura anual com uma cobertura permanente do solo ou então através do seu suporte pelas raízes das plantas na época de sequeiro. Ou seja, na altura que tem maior vulnerabilidade pela fraca cobertura de solo é quando tem menor probabilidade de ocorrer precipitação, pois às primeiras chuvas a pastagem começa a emergir iniciando o seu ciclo vegetativo.

No caso das outras culturas do agrupamento A, verifica-se que são realizadas mobilizações de solo em épocas de precipitação favorecendo assim um maior arrastamento do solo.

5.7. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Como resultante da análise apresenta-se um gráfico onde se representam as variáveis ambientais como vectores e as amostras como pontos (TER BRAAK, 1998). Os vectores são tão maiores quanto o peso da variável e as amostras são orientadas no espaço consoante a sua correlação com as variáveis ambientais (TER BRAAK, 1986, 1987, 1994; TER BRAAK & PRENTICE, 1988; TER BRAAK & VERDONSCHOT, 1995).

Tabela 1: Valores próprios (Eigenvalue) da análise ACP

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5	Eixo 6	Eixo 7	Eixo 8
Valores próprios	5,2274	1,2084	0,8813	0,5217	0,1592	0,0020	0,0000	-0,0000
Proporção	0,653	0,151	0,110	0,065	0,020	0,000	0,000	-0,000
Proporção acumulada	0,653	0,804	0,915	0,980	1,000	1,000	1,000	1,000

Análise com bastante robustez, pois os dois primeiros componentes explicam cerca de 80% da variância dos dados (Tabela 1).

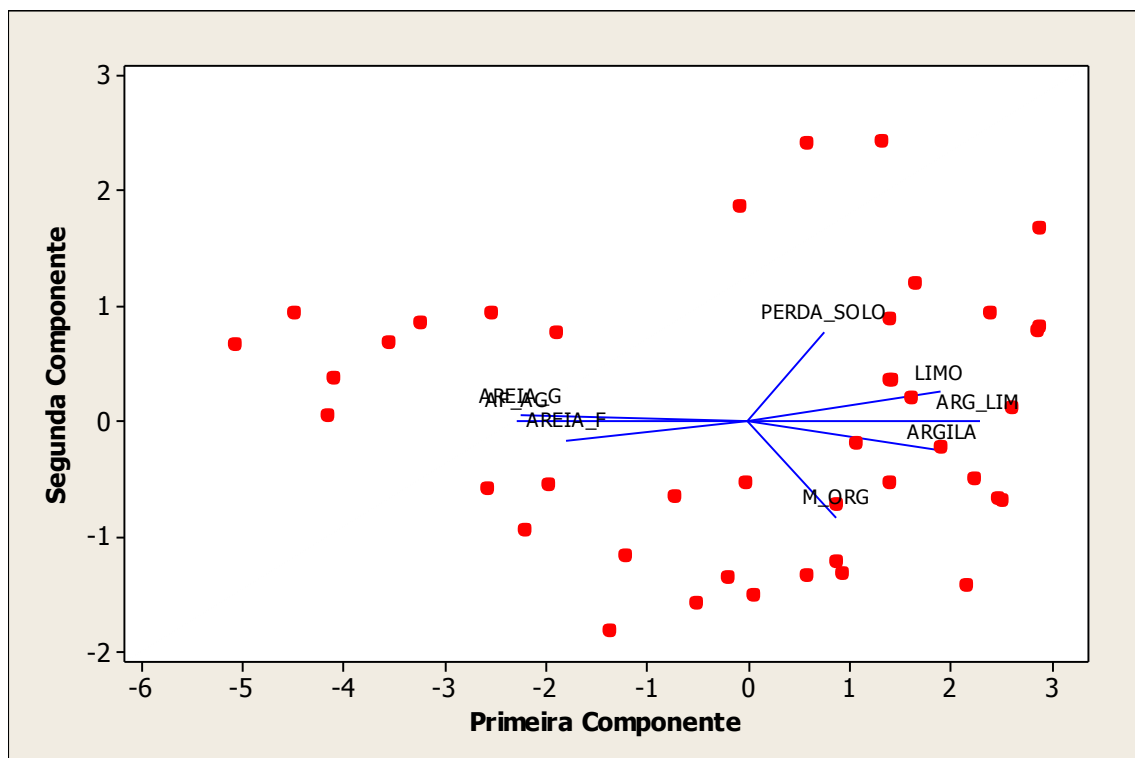


Figura 55 – Projeção das variáveis (vectores) e das observações (pontos) nos dois primeiros componentes da ACP.

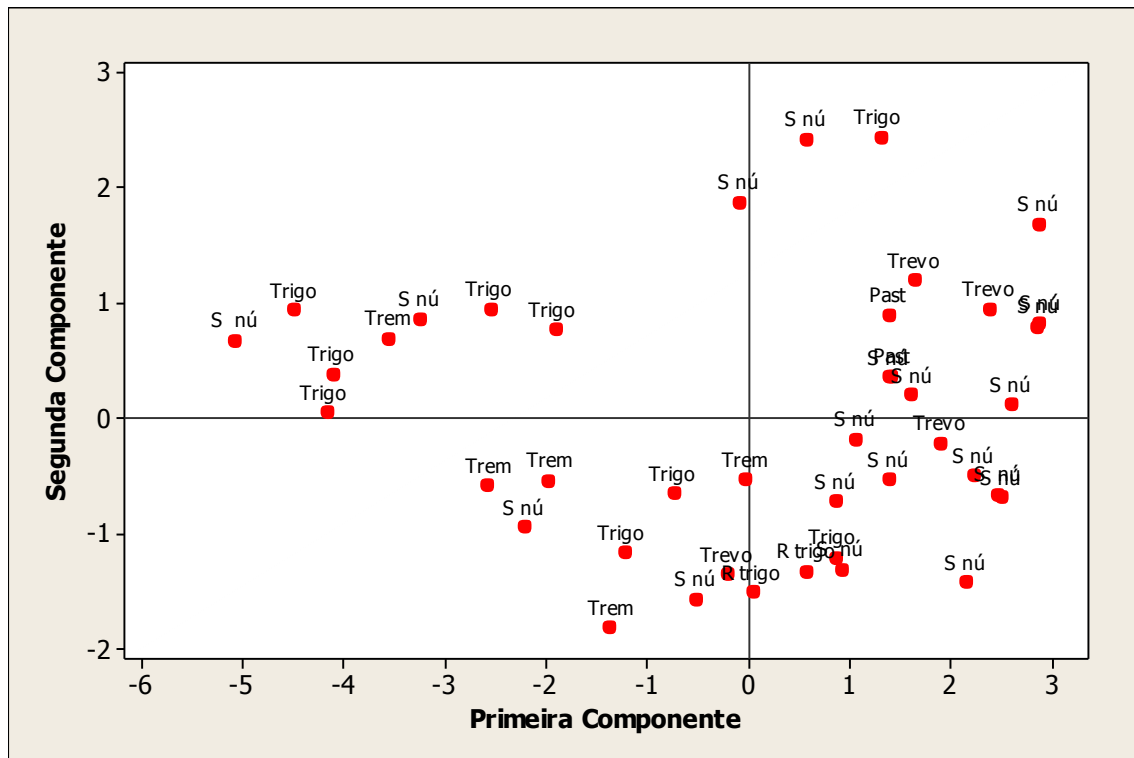


Figura 56 – Projeção das observações nos dois primeiros componentes da ACP.

Nas figuras 55 e 56 não se consegue distinguir nenhum padrão entre os vários tratamentos de solo. As amostras de solo nu e de solo com os diferentes enriquecimentos não se conseguem distinguir entre os dois componentes. Este resultado é indicador de que as amostras não são influenciadas pelos diferentes tipos de enriquecimento.

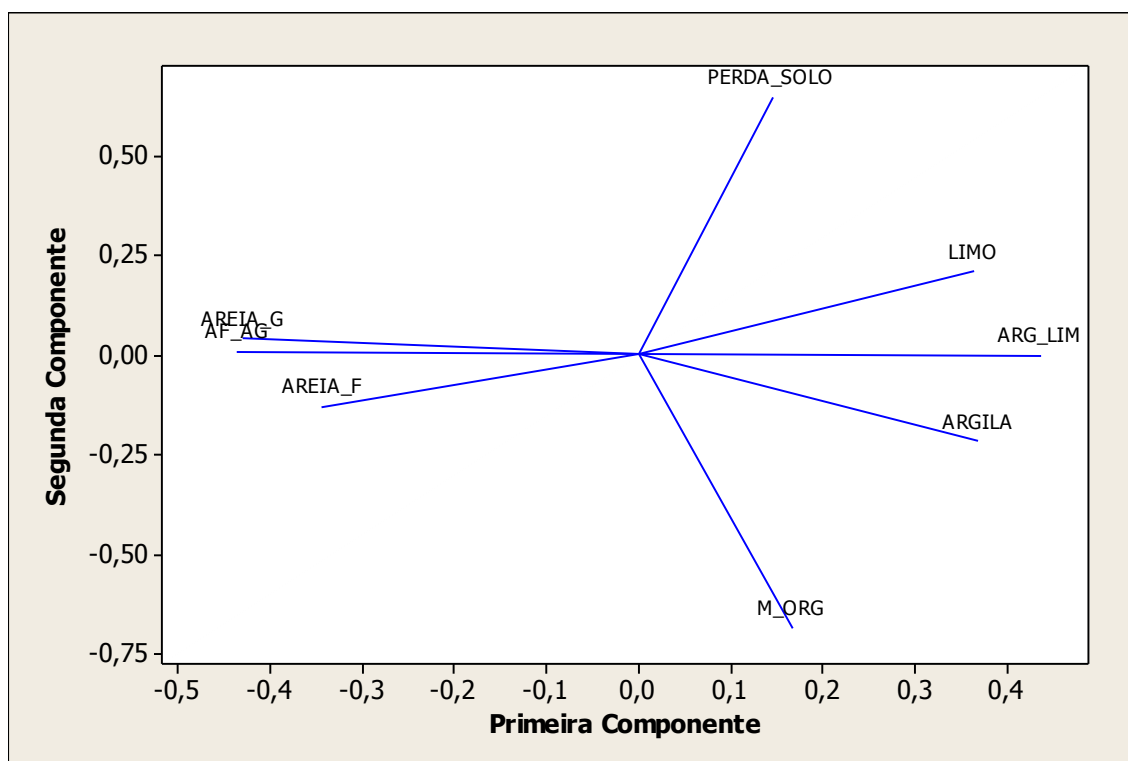


Figura 57 – Projeção das variáveis nos dois primeiros componentes da ACP.

Da análise da figura 57, verifica-se que o primeiro componente (eixo xx) se caracteriza, positivamente por um enriquecimento em componentes não inertes do solo (argilas e limos) e negativamente pelas componentes inertes do solo (areias), indicando que os dados (apresentam maior enriquecimento de inertes ou de componentes ativas).

O segundo componente (eixo yy) é caracterizado positivamente por amostras com maior perda de solo e negativamente por amostras com maior enriquecimento orgânico.

Após se ter identificado uma estrutura, definindo as variáveis mais importantes, formalizaram-se várias hipóteses para serem testadas. Para testar as relações entre variáveis utilizou-se uma regressão múltipla (SOKAL & ROHLF, 1995), com o auxílio do programa Minitab 16.

Para a regressão utilizou-se como variável dependente a variável Matéria Orgânica e como variáveis independentes o Declive, a Precipitação e a Perda de Solo. Utilizou-se o modelo stepwise de forma a poder identificar a variável ou grupo de variáveis que melhor explicam a variação de matéria orgânica nas amostras. Da análise apenas é significativo um modelo com o Declive ($p < 0,05$; $R^2_{Ajustado} = 0,08$). A equação é: Matéria Orgânica = 7,018 – 0,18 Declive. Esta análise revela que a quantidade de Matéria orgânica nas amostras é inversamente proporcional ao declive nos Talhões onde foram recolhidas. Este resultado poder-se-á relacionar com perda de matéria orgânica por arrastamento, em que em Talhões com maior declive perdem mais matéria orgânica.

6- CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo revelam que o fator de enriquecimento é consequência da interação de um conjunto de fatores. Alguns desses fatores foram analisados tais como; rotação cultural na organização dos dados das amostras por talhões, cultura em curso, coberto de solo, número de dias de precipitação, e pelo agrupamento das culturas do *trigo+leguminosa* comparativamente à *pastagem*.

Em função dos resultados obtidos neste estudo apresentam-se as seguintes conclusões:

- 1) As amostras analisadas, correspondem a um universo bastante heterogéneo.
- 2) Em função da *rotação cultural*, apenas foi possível concluir que independentemente desta, existiu enriquecimento na maior parte das amostras de sedimentos recolhidos.
- 3) Nos agrupamentos em que se considerou a *cultura do ano* e se efetuou uma correção através de uma nova associação de dados em função da *cultura em curso*, é possível identificar um comportamento tipo para as diferentes culturas quanto ao fator de enriquecimento.

Na pastagem observa-se uma maior estabilidade, que se traduz pela concentração de valores apenas em uma ou duas classes. E o fator de enriquecimento tem valores superiores nos componentes mais importantes do solo

Na cultura do trigo é onde se verifica uma maior variabilidade traduzida por uma distribuição das amostras pelas classes de forma crescente. Analisando comparativamente a cultura trigo1 e trigo2 verifica-se que a tendência de distribuição é semelhante nas duas. Em relação à cultura de leguminosa sideração e leguminosa para grão observa-se do mesmo modo comportamentos semelhantes entre si.

- 4) O agrupamento *cobertura de solo* vem comprovar a relação direta entre *coberto de solo/facilidade de mobilização*. Neste agrupamento observa-se que a cobertura de solo é importante para a mobilização dos seus componentes através da precipitação e posterior escoamento. À medida que o tamanho das partículas aumenta também aumenta a dificuldade de mobilização destas. Isto comprova-se da seguinte forma: a matéria orgânica tem comportamento semelhante em todas as associações; na argila+limo já se verifica que uma maior cobertura de solo tem menor enriquecimento, e nas areias já existe um fraco enriquecimento em todas as associações.

5) O *nº de dias de precipitação* é um fator importante para o enriquecimento. Tal como já foi referido o agrupamento C5 comporta-se de forma distinta comparativamente aos restantes, ou seja, provoca um arrastamento das partículas finas do solo em grande quantidade. No entanto este efeito continua a fazer-se sentir nos outros agrupamentos. Como resultado, o número de dias de precipitação é um fator importante para o fator de enriquecimento, na medida em que influencia a qualidade dos sedimentos, provocando uma diferente estratificação em função da duração dos eventos de precipitação.

Relativamente ao “fator enriquecimento” observa-se a influência de fatores que contribuem para a sua variação. Através do método utilizado, ao estabelecerem-se diferentes agrupamentos de dados, permitiu identificar tendências explicáveis em redor do qual eram organizados os agrupamentos.

Quando a capacidade de transporte das partículas é superior à capacidade de produção dessa mesmas partículas de solo o seu equilíbrio está em risco, originando uma degradação desse solo. Para que ocorra enriquecimento é necessário que a capacidade de transporte das partículas de solo seja sempre inferior à sua produção. Assim, a mobilização das partículas de solo dependerá da facilidade com que o solo é degradado e posto em movimento influenciado não só, pelos fatores naturais e intrínsecos à natureza mas também por um agente muito importante que é o homem.

O fator de enriquecimento está intimamente ligado com a precipitação e a erosão que essa chuva provoca no solo. A sua avaliação é realizada a juzante do solo que dá origem aos sedimentos. Deste modo pode acontecer que ocorra enriquecimento em determinado local, mas que o solo original seja de tal forma erodido que possa colocar a sua “viabilidade” agrícola em risco. Seria interessante estabelecer uma relação que permitisse comparar e avaliar Fator de Enriquecimento/Erosão, de modo a saber qual o seu ponto de equilíbrio.

6) No agrupamento constituído pela associação das culturas *trigo+leguminosa* e *pastagem* verifica-se que o factor de enriquecimento é superior em valor absoluto no agrupamento trigo leguminosa.

Este comportamento deve-se provavelmente a pastagem garantir uma maior estabilidade na camada erosionável, pois trata-se de uma cultura anual, com um coberto permanente no solo, o que dificulta a mobilização das partículas do solo, o que dá origem a um menor fator de enriquecimento em valor absoluto.

7) Através da análise de componentes principais (ACP) não se consegue distinguir nenhum padrão entre as várias amostras. Este resultado é indicador de que as amostras não são influenciadas pelos diferentes tipos de rotação cultural e/ou coberto no momento da precipitação.

Através da regressão considerando como variável dependente a variável matéria orgânica e como variáveis independentes o declive, a precipitação e a perda de solo, verifica-se que a matéria orgânica nas amostras é inversamente proporcional ao declive nos Talhões onde foram recolhidas.

7.DESENVOLVIMENTO FUTURO

Para a realização deste estudo, foi necessário: pesquisar, recolher e organizar exaustivamente um conjunto de informações, alguma dela disponível no Centro Experimental de Erosão de Vale Formoso, entre os anos 1969 e 1976.

A informação coligida e compilada está disponível neste estudo, podendo ser consultada, desenvolvida e utilizada para estudos futuros.

8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ☞ ALEXANDRE, C.^aJ. 1989. FORMAÇÃO DE CROSTA À SUPERFÍCIE DO SOLO, PROVAS DE APTIDÃO PEDAGÓGICA, DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS, UNIVERSIDADE DE ÉVORA, ÉVORA.
- ☞ ANÓNIMO SD. CLAY-WATER-ELECTROLYTE SYSTEM, CHAPTER 7.
- ☞ AGUS, F.6 CASSEL, D. K. 1992. FIELD-SCALE BROMIDE TRANSPORT AS AFFECTED BY TILLAGE, S.S.S:A: JOURNAL, 56, 254-260.
- ☞ AHUJA, L.R. LEHMAN, O. P. & SHARPLEY A N. 1983. BROMIDE AND PHOSPHATE IN RUNOFF WATER FROM SHAPED AND CLODDY SOIL SURFACES, S.S.S.^a JOURNAL, 47, 746-748.
- ☞ ALBERTS; E:E: & MOLDENHAUER; W:C: 1981. NITROGEN AND PHOSPHORUS TRANSPORTED BY ERODED SOIL AGGREGATES, S.S.S.^a JOURNAL, 45,391-396.
- ☞ BARROWS, H.L. & KILMER, V.J. 1963. PLANT NUTRIENT LOSSES FROM SOILS BY WATER EROSION, ADV. AGRONOMY, VOL. 15,303-316.
- ☞ BETTENCOURT, M.L., 1978. NOÇÕES ELEMENTARES DE ESTATÍSTICA APLICADA À CLIMATOLOGIA. MESOLOGIA E METEOROLOGIA AGRÍCOLA. INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA, LISBOA.
- ☞ BUOL, S. W. ,HOLE, F.D. & Mc CRACKEN; R.J. 1973. SOIL GENESIS AND CLASSIFICATION, THE IOWA STATE UNIVERSITY PRESS, AMES, IOWA.
- ☞ CAMBARDELA, C. A. & ELLIOTT; E.T. 1993 – CARBON AND NITROGEN DISTRIBUTION IN AGGREGATES FROM CULTIVATED AND NATIVE GRASSLAND SOILS, S.S.S.A.J.
- ☞ CARDOSO, J.V.J.C. 1965. OS SOLOS DE PORTUGAL. SUA CLASSIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E GÉNESE. 1 –A SUL DO RIO TEJO, SECRETÁRIA DO ESTADO DA AGRICULTURA, DIRECÇÃO - GERAL DOS SERVIÇOS AGRÍCOLAS, LISBOA.
- ☞ CASTRO, P.P. 1986. ESTIMAÇÃO E CONTROLO DA POLUIÇÃO DIFUSA NO ESTUÁRIO DO TEJO, RELATÓRIO SECTORIAL DO PROJECTO: METODOLOGIA DE GESTÃO DA QUALIDADE DE UM ESTUÁRIO. CASO DO ESTUÁRIO DO TEJO, DIRECÇÃO – GERAL DA QUALIDADE DO AMBIENTE (PROJECTO TEJO) E GRUPO DE ANÁLISES DE SISTEMAS AMBIENTAIS DO DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA DO AMBIENTE DA UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA, LISBOA.
- ☞ COSTA , J.B. 1952. LIÇÕES DA CADEIRA DE PEDOLOGIA E CONSERVAÇÃO DO SOLO, INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA, LISBOA.
- ☞ COSTA , J.B. 1975 CARACTERIZAÇÃO E CONSTITUIÇÃO DO SOLO, FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN, LISBOA.
- ☞ DANTAS, J.M. 1997. ESTUDO DO FACTOR ENRIQUECIMENTO NA EROSÃO HÍDRICA DO SOLO, TESE DE DISSERTAÇÃO SUBMETIDA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DO SOLO E DA ÁGUA, UNIVERSIDADE DE ÉVORA, ÉVORA.
- ☞ DIAS, L.S., 1996. APONTAMENTOS DE ESTATÍSTICA APLICADA À BIOLOGIA. UNIVERSIDADE DE ÉVORA. ÉVORA.
- ☞ DONAHUE, R.L, MILLER, R.W. & SHICKLUNA, J.C. 1981. INTRODUCCIÓN A LOS SUELOS Y AL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS, EDITORIAL PRENTICE / HALL INTERNACIONAL.
- ☞ DUCHAUFOUR, P. 1960. PRÉCIS DE PÉDOLOGIE, MASSON & CIE ÉDITEURS, PARIS.
- ☞ FOX, R. 1985 EXTENSIVE FARMING IN THE ALENTEJO, IN THE PORTUGUESE AGRICULTURE, CORNELL UNIVERSITY.
- ☞ GHADIRI, H. & ROSE, C.W. 1991B. SORBED CHEMICAL TRANSPORT IN OVERLAND FLOW: II. ENRICHMENT RATIO VARIATION WITH EROSION PROCESSES, J. ENVIRON. QUAL., 20, 634-641.
- ☞ HARE, F. K., WARREN, ^a, MAIZELS, JK., KATES, R. W., JOHNSON, D.L., HARING, K.J. & GARDUNO, M.^a 1992. DESERTIFICAÇÃO: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS, FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN, LISBOA.
- ☞ HUDSON, N. 1982. CONSERVATION DEL SUELO, EDITION EN ESPANOL, EDITORIAL REVERTÉ, S.^a, BARCELONA.

- ☞ KORENTAJER, L., HENRY, P. C. & EISENBERG, B. E. 1991 ASIMPLE EFFECTS ANALYSIS OF THE EFFECTS OF PHOSPHOGYPSUM APPLICATION ON PHOSPHORUS TRANSPORT TO RUNOFF WATER AND ERODED SOIL SEDIMENTS, J. ENVIRON. QUAL., 20, 596-603.
- ☞ MASSEY, H.F. & JACKSON, M.L. 1952.SELECTIVE EROSION OF SOIL FERTILITY CONSTITUENTS, S:S:S:A: PROCEEDINGS, 16, 353-356.
- ☞ MICROMERITICS 1988.SEDIGRAPH 5100 PARTICLE SIZE ANALYSIS SYSTEM. OPERATORS MANUAL, PART Nº 510-42801-01.
- ☞ PALIS, R. G.,ROSE, C.W. & SAFFIGNA, P.G. 1990A SOIL EROSION PROCESSES AND NUTRIENT LOSS. I THE INTERPRETATION OF ENRICHMENT RATIO AND NITROGEN LOSS IN RUNOFF SEDIMENT, AUSTRAL. J.S.R. 28(4), 623-639, MELBOURNE.
- ☞ PALIS, R. G.,ROSE, C.W. & SAFFIGNA, P.G. 1990B SOIL EROSION PROCESSES AND NUTRIENT LOSS II THE EFFECT OF SURFACE CONTACT COVER AND EROSION PROCESSES ON ENRICHMENT RATIO AND NITROGEN LOSS IN ERODED SEDIMENT, AUSTRAL. J.S.R. 28(4), 641-658, MELBOURNE.
- ☞ RELATÓRIO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU, AO CONSELHO, AO COMITÉ ECONÓMICO E SOCIAL EUROPEU E AO COMITÉ DAS REGIÕES; APLICAÇÃO DA ESTRATÉGIA TEMÁTICA RELATIVA AO SOLO E ATIVIDADES EM CURSO, COMISSÃO EUROPEIA, BRUXELAS, 13.2.2012.
- ☞ ROXO, MARIA JOSÉ, "A HERDADE DE VALE FORMOSO1-PASSADO E FUTURO", UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
- ☞ SEPULVEDA , I. & RIBEIRO, ^a 1992. A POLUIÇÃO DIFUSA ASSOCIADA À ACTIVIDADE AGRÍCOLA, III CONGRESSO NACIONAL DOS ENGENHEIROS DO AMBIENTE.
- ☞ SHARPLLEY, ^a N. 1985. THE SELECTIVE EROSION OF PLANT NUTRIENTS, S.S.S.^a JOURNAL, 49, 1527-1534.
- ☞ SROA 1959. CARTA DOS SOLOS DE PORTUGAL (1:50.000). FOLHA 50 C, SERVIÇO DE RECONHECIMENTO E ORDENAMENTO AGRÁRIO, MINISTÉRIO DA ECONOMIA, SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA, LISBOA.
- ☞ STROOSNIJDER, L. 1995. QUANTIFICATION OF NUTRIENT EROSION, PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON EROSION,AND DESERTIFICATION IN THE MEDITERRANEAN, 89-100, AVEIRO
- ☞ STROOSNIJDER, L. SD. NUTRIENT EROSION, PROCESSES LECTURE 6, IN PROCESSES AND MODELS EROSION,AND SOIL AND WATER CONSERVATION (K200-507), WAGENINGEN AGRICULTURAL UNIVERSITY, NETHERLANDS.
- ☞ TER BRAAK, C.J.F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector method for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- ☞ TER BRAAK, C.J.F., 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69: 69-97.
- ☞ TER BRAAK, C.J.F., 1994. Canonical community ordination. Part I: Basic theory and linear methods. *Ecoscience* 1: 127:140.
- ☞ TER BRAAK, C.J.F.& I.C. PRENTICE, 1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research* 18: 271-317.
- ☞ TER BRAAK, C.J.F.& P. SMILAUER, 1998. *CANOCO Reference manual and user's guide to canoco for windows*. Microcomputer Power, Ithaca, New York.
- ☞ TER BRAAK, C.J.F. & P.F.M. VERDONSCHOT, 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences* 57: 255-289.
- ☞ TOMÁS, P. M. P.P. 1997. MODELOS DE PREVISÃO DA EROSÃO HÍDRICA EM SOLOS AGRÍCOLAS, TESE DE DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA CIVIL, U.T.L., INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO, LISBOA.
- ☞ TOMÁS, P. M. P.P. 1992 ESTUDO DA EROSÃO HÍDRICA EM SOLOS AGRÍCOLAS,APLICAÇÃO À REGIÃO SUL DE PORTUGAL, TESE DE MESTRADO EM HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS U.T.L., INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO, LISBOA.
- ☞ TOMÁS, P.P. & COUTINHO, M.^a 1994. COMPENDIO DOS DADOS RECOLHIDOS NO CENTRO EXPERIMENTAL DE EROSÃO DE VALE FORMOSO, DE 1963/64 A 1992/93, PUBLICAÇÃO CEHIDRO Nº4/94, CENTRO DE ESTUDOS DE HIDROSSISTEMAS, U.T.L. INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO, LISBOA.