

# **NCE/17/00119 — Decisão de apresentação de pronúncia - Novo ciclo de estudos**

## **Decisão de Apresentação de Pronúncia ao Relatório da Comissão de Avaliação Externa**

1. Tendo recebido o Relatório de Avaliação/Acreditação elaborado pela Comissão de Avaliação Externa relativamente ao novo ciclo de estudos Tecnologias em Agricultura de Precisão
2. conferente do grau de Mestre
3. a ser lecionado na(s) Unidade(s) Orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.)  
Escola De Ciências E Tecnologias (UE)  
Faculdade De Ciências E Tecnologia (UNL)
4. a(s) Instituição(ões) de Ensino Superior  
Universidade De Évora  
Universidade Nova De Lisboa
5. decide: Apresentar pronúncia
6. Pronúncia (Português):  
Apresenta-se em anexo a pronúncia referente a este processo.

Com os melhores cumprimentos,

Inês Secca Ruivo  
Pró-Reitora

7. Pronúncia (Português e Inglês, PDF, máx. 150kB): (impresso na página seguinte)

# **Anexos**

Mestrado em “Tecnologias em Agricultura de Precisão”

Pronúncia ao Relatório da CAE

**Introdução**

Esta pronúncia incide sobre o conteúdo do relatório preliminar da Comissão de Avaliação Externa (CAE) da A3ES referente ao Mestrado em “Tecnologias em Agricultura de Precisão” (NCE/17/00119). Se bem que em diversos aspetos que são estruturantes para qualquer ciclo de estudos sejam feitas observações muito positivas por parte da CAE, já noutros aspetos são colocadas algumas reservas, ainda que sendo a Recomendação final de acreditação.

A presente pronúncia tem por objetivo aduzir informação complementar ao documento original de “Apresentação do pedido de Novo ciclo de estudos” em resposta a algumas observações que se consideram pertinentes.

Mas, antes disso, não queríamos deixar de enfatizar aspetos que consideramos fundamentais para a criação de um ciclo de estudos e que são, positivamente apreciados pela CAE. Referimo-nos, designadamente ao facto de:

1. Reconhecimento de que os coordenadores das duas instituições evidenciam percurso académico e profissional que se coaduna com o ciclo de estudos e com experiência profissional relativamente longa após o doutoramento (item 1.2.2);
2. Reconhecimento de que as condições específicas de ingresso, estrutura curricular e plano de estudos apresentam condições específicas de ingresso adequadas e cumprem os requisitos legais (itens 2.11, 2.1.2, 2.3.1, 2.3.2);
3. Reconhecimento de que o curso possui a designação adequada (item 2.2.2);
4. Reconhecimento de que foram formulados objectivos gerais para o curso e que o mesmo se integra na estratégia institucional da oferta educativa face à missão das instituições (itens 3.1.1 e 3.1.4);
5. Reconhecimento de que as instituições definiram um projecto educativo, científico e cultura próprio e de que os objectivos gerais são compatíveis (itens 3.2.1 e 3.2.3);
6. Reconhecimento de que o corpo docente cumpre os requisitos legais e estão sujeitos a procedimentos de avaliação de desempenho (itens 4.1, 4.3 e 4.5);

7. Reconhecimento de que as instituições têm instalações próprias adequadas à lecionação do ciclo de estudos (item 5.4);

8. Reconhecimento de que existem publicações e actividades científicas tecnológicas, culturais e artísticas desenvolvidas na área do ciclo de estudos e integradas em projectos e/ou parcerias nacionais e internacionais (itens 6.2 e 6.3);

9. Reconhecimento de que existem actividades de desenvolvimento tecnológico, prestação de serviços à comunidade e formação avançada (item 7.2);

10. Reconhecimento de que o formato do curso traduz uma formação inovadora e que detém potencial para recrutamento significativo (item 8.4);

11. Reconhecimento de que o número total de créditos e a duração do ciclo de estudos estão enquadrados na legislação em vigor (item 9.4).

### **1-Fundamentação do contraditório**

Conforme atrás referido, serão aqui apresentados os pontos com observações críticas feitas pela CAE e acrescentados novos elementos para um esclarecimento pontual de várias situações, que sirvam à Comissão para a construção de um juízo, no detalhe e na generalidade, mais fundamentado e consentâneo com a pertinência, continuamos convictos, da criação do Mestrado em “Tecnologias em Agricultura de Precisão” na Universidade de Évora em associação com a Universidade Nova de Lisboa.

1 - No ponto 2.3.2 (e em complemento ao ponto 10.5) aponta-se que o 1º semestre do curso “... é essencialmente ocupado por aspectos muito gerais ... da produção agro-alimentar e factores associados...”.

Contudo, tal como reporta o ponto 2.1.2, “as condições de ingresso estão restritas a titulares do grau de licenciado ou equivalente em ciências naturais, ciências agrárias, tecnológicas, agroalimentares ou áreas afins”. Neste enquadramento, assume-se que algumas Unidades Curriculares do 1º semestre do curso pretendem, num primeiro momento, proporcionar um conjunto de conhecimentos base que possibilitem uma aquisição / uniformização plena de pré-requisitos e competências pelos alunos; porém, num segundo momento, também se pretende o desenvolvimento de um processo ensino-aprendizagem em torno da aquisição, compreensão, aplicação e valorização integradora de

conhecimentos atualizados (i.e., de última geração), com forte aplicação às Unidades Curriculares do 2º semestre.

2 - No ponto 3.3.5 aponta-se que “A UC Tecnologia de Processamento de Dados em Agricultura de Precisão tem um programa muito vasto”. Contudo, em complemento ao ponto 9.6 e correspondendo às sugestões da CAE, efectuaram-se alterações ao programa desta UC. Considerou-se que a análise univariada e bivariada e as probabilidades tinham um destaque desproporcionado, pelo que estas matérias serão abordadas como revisões, podendo organizar sessões tutoriais para alunos que não tenham presentes estes conceitos. No máximo serão dedicados 20% das aulas a estes temas. Considerou-se ainda que a geoestatística é efetivamente importante em agricultura de precisão, no que se refere à análise de continuidade espacial e estimação por krigagem. Estas matérias são mais destacadas e prevê-se que ocupem 40% das aulas. Os restantes 40% das aulas serão dedicados à análise de regressão, análise multivariada e ANOVA que são conceitos importantes para o curso e que não são dados em primeiros ciclos. A prática será integralmente realizada com software “R” em vez dos dois anteriormente previstos (R e SGEMS), o que simplifica bastante. A ligação aos SIG’s também é retirada porque há uma UC no 2º semestre dedicada a esta área.

3- No ponto 3.3.5 (e em complemento ao ponto 9.6) também se aponta que “noutras (UC) não se compreende que o programa ocupe as horas indicadas (Prod. Agroalimentar e Sustentabilidade)”. Neste caso, com base na pronúncia da A3ES, considerando a relevância da sugestão da CAE, serão acrescentados os seguintes itens ao programa teórico da UC, algo que embora não tenha sido expresso no início, estava presente nas preocupações do Responsável da UC: (i) A importância da agricultura inteligente em face das alterações climáticas – objectivos a que se propõe; (ii) Principais tipos de sistemas agro-florestais e seu contributo para o desenvolvimento sustentável; (iii) Desafios à implementação dos sistemas agro-florestais; (iv) da agricultura inteligente à denominada paisagem inteligente (*climate-smart landscape*).

4- No ponto 3.3.5 acresce ainda a referência a “programas desarticulados e confusos (“Fatores de Stress e Prod. Agroalimentar)”. Nesta UC considera-se que o apontamento da CAE resultará de uma análise incompleta decorrente da limitação de espaço para apresentação dos conteúdos programáticos da UC. Assim, os conteúdos da UC procuram conferir competências de base e atuais aos discentes, no âmbito da fisiologia e bioquímica das culturas que poderão ser aplicadas nas UC’s “Detecção Remota e

Análise de Imagem” e “Agricultura de Precisão I”, segundo uma perspectiva de otimização de sistemas e processos.

5- No ponto 3.3.5 aponta-se também que subsistem programas “inconsistentes e desenquadrados (“Matérias-Primas Alimentares”). Nesta UC pretende-se um conhecimento generalizado das matérias-primas alimentares com dominância em padrões de qualidade. Na génese desta UC subsiste uma abordagem integradora de conhecimentos a que a agricultura de precisão deve obedecer – conhecimento de algumas das principais culturas e exigências de produção / qualidade.

6- No ponto 3.3.5 refere ainda a CAE que “Sugerimos substituir Gestão e Qualidade da Água, por Recursos Hídricos...”. Nesta UC reconhece-se a relevância da sugestão indicada pelo que se procedeu à adequação da ficha da disciplina de Gestão e Qualidade da Água nos itens “*Objetivos de aprendizagem, Conteúdos programáticos, Metodologias de ensino e Bibliografia principal*” para dar cumprimento ao sugerido e indicado nos pontos fracos (ponto 3.3.5) e ainda no ponto da fundamentação da recomendação (ponto 12.4), tornando mais claro e preciso o programa desta UC descrito de forma resumida na respetiva ficha anexa ao documento. Acresce ainda que o programa desta UC é complementado com o da unidade “*Tecnologias para uso eficiente da água em regadio*”, razão pela qual não são aqui discriminadas as tecnologias para uso sustentável da água e controlo de qualidade.

7- No ponto 4.6 aponta-se a “falta de ligação aos mecanismos e processos produtivos, observando-se alguma falta de experiência dos docentes”. Contudo, os docentes da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa têm estado envolvidos desde há muito na produção agrícola (nalguns casos desde 1988) e que atualmente, todos os docentes estão envolvidos em 6 projectos ligados à agricultura de precisão (Grupos Operacionais PDR2020-101-030719, PDR2020-101-030727, PDR2020-101-030835, PDR2020-101-030671, PDR2020-101-030734, PDR2020-101-030701). Refira-se ainda que os docentes da Universidade de Évora estiveram envolvidos nos últimos 5 anos em 7 projectos de Agricultura de Precisão (ALENT-07-0224-FEDER-001742; PRODER 43825; PRODER 46106; PRODER 57154; EXCL/AGR-TEC/0336/2012; P2020-3462-08/SI/2015 CARTS; EuropeAid / 132023 / D / ACT / ACPTPS) e estão envolvidos atualmente em 5 projetos de Agricultura de Precisão (NA-2017-3519/001-001 SPARKLE, 0049\_INNOACE\_4\_E. 2017, 575898-EPP-1-2016-1-EL-EPPKA2-SSA SAGRI; 585814-EPP-1-2017-1-EL-EPPKA2-CBHE-JP SFARM;

ALT20-03-0247-FEDER-017962 AWARTECH), entre outros já candidatados e ainda sem resultados da avaliação.

8 - No ponto 3.1.4 aponta-se a “ausência detalhada das competências que os estudantes podem desenvolver em termos profissionais”. Relativamente a este ponto esclarece-se que a agricultura de precisão é tipicamente uma área científica multidisciplinar e, como tal, mais exigente do ponto de vista técnico e humano, tendo como bases tradicionais a agronomia, a engenharia agrícola e a economia agrícola. Dessa forma a mesma assenta nas seguintes competências chave: i) **agronomia** (gestão de solos, doenças e pragas, nutrientes, crescimento e desenvolvimento de culturas e capacidade de diagnóstico); ii) **tecnologia** (Geomática – Sistemas de Informação Geográfica, Deteção Remota e GNSS; análise, processamento e manuseamento de dados de forma eficiente; e entender como é que os sensores, as comunicações e os controladores se encaixam no sistema Agro); iii) **economia** (compreensão do negócio agro; das receitas e custos geridos pelo agricultor; de como calcular o retorno dos investimentos em tecnologia; e como é que os empresários agrícolas gerem a produção, o marketing e os riscos da atividade); **análise** (matemática e estatística aplicada, cálculos na aplicação de fatores de produção e de colheita; calibração e aferição de equipamentos; análise de tendências e interpretação da variabilidade espacial e temporal); **comunicação** (saber ouvir e fazer perguntas sobre a tecnologia produtiva do cliente, as suas necessidades e as suas preferências; e a habilidade de comunicar tanto o valor dos recursos como do produto); **ética** (atuar sempre pelas razões mais corretas; considerar sempre as pessoas e as consequências ambientais vs a criação de valor social e económico).

9 - No ponto 3.1.6 aponta-se a necessidade de “tornar mais evidente a indicação dos domínios em que se pode realizar a inserção dos formandos no mercado de trabalho, especificamente no tecido empresarial nacional ligado à cadeia de produção agro-alimentar”. Relativamente a este ponto refere-se que o documento “The Future of Food and Farming”, elaborado recentemente pela Comissão Europeia, define as linhas orientadoras para a nova CAP pós 2020. Nesse mesmo documento percebe-se que os instrumentos de política comum como a CAP, após 2020, estarão orientados fundamentalmente no desenvolvimento tecnológico e na conversão de uma agricultura analógica para uma agricultura digital. Esta mudança de paradigma irá “forçar” a aquisição de novas competências digitais (ponto 8) até então não valorizadas, fazendo inclusive depender as ajudas ao rendimento da incorporação deste tipo de tecnologias no seu tecido produtivo. Face ao exposto os mestres que logram concluir este mestrado vão facilmente inserir-se no tecido empresarial que ofereça serviços nas

seguintes áreas de mercado: i) Máquinas e equipamentos agrícolas (aferição e parametrização de sensores e actuadores em máquinas e equipamentos agrícolas, bem como, estudo e delineamento de aplicações VRT ao nível do solo e das culturas); ii) Nutrição (interpretação de imagens de satélite, sensores próximos, sensores geoelectricos do solo e/ou sensores drone-transportados no aumento da eficiência da nutrição das plantas); iii) Pragas e doenças (interpretação de sensórica e modelação diversa no aumento da eficiência/eficácia do combate a pragas e doenças das plantas e animais); iv) Rega e equipamentos de rega (sensores próximos e remotos, ao nível do solo e da planta, por forma a aumentar a eficiência da aplicação da água e da fertirrega); v) Produção animal (sensórica diversa na gestão e interpretação do comportamento animal, do comportamento do rebanho e da utilização do espaço); vi) Agroindústrias (gestão e controlo agroindustrial da qualidade e rastreabilidade de produtos agropecuários); vii) Geo-posicionamento (cartografia e controlo de parcelas e variáveis agropecuárias); viii) Gestão de dados e interpretação de ferramentas avançadas; ix) Ciência e investigação.

10 – No ponto 3.3.5 refere-se que a “UC Proj. Dissertação, abarca 18 ECTS, o que é aparentemente excessivo, além de apresentar um programa relativamente vago”. Note-se que a maioria dos alunos que ingressará neste mestrado têm uma experiência diminuta ou inexistente na realização de uma dissertação/tese, pois seguramente que a maioria serão alunos com apenas o 1º ciclo completo e sem nenhum histórico na realização de trabalhos conducentes a uma tese ou dissertação. Seguramente que este tipo de alunos, na esmagadora maioria, não elaborou uma pesquisa bibliográfica credível (nomeadamente uso da B-On), uma revisão bibliográfica, um poster, uma apresentação técnico-científica, um relatório técnico-científico, etc., como tal, julga-se pertinente a oportunidade e a duração da mesma como forma de criar capacidades de análise, de síntese, de redação e de comunicação, bem como, de maturidade científica, prévios à elaboração da dissertação propriamente dita. Nesta UC cada aluno já conhecerá o seu tema de dissertação e, portanto, a pesquisa e revisão bibliográfica serão orientadas, pretendendo-se assim que, ao concluir a disciplina, tenha conseguido elaborar o “state of the art” do tema que vai desenvolver. Prévio a todo este processo serão realizadas visitas de estudo, no início da UC, de modo a que os alunos tomem contacto com os problemas técnicos e científicos da fileira e dessa forma se possam inspirar na temática da dissertação a realizar.

11 – No ponto 5.6 refere-se que “Não são indicados laboratórios específicos onde este ciclo de estudos se pode apoiar. A indicação sobre os equipamentos é igualmente escassa, designadamente no que se refere a máquinas agrícolas e infraestruturas para processamento de produtos agrícolas”. Informa-se a



CAE que relativamente a este item a Universidade de Évora detém uma herdade experimental, conhecida como Mitra, onde se encontram os laboratórios de Fitotecnia, Fitopatologia, Sanidade animal, Zootecnia, Engenharia Rural e Agroindústrias, estando quaisquer destes laboratórios apetrechados com os equipamentos mais modernos de cada área científica. Acresce o facto de que esta herdade experimental detém um parque de máquinas e de equipamentos agrícolas que suportam a preparação de todas as actividades agrícolas da herdade, bem como, das actividades de ensino e de investigação. Muitos dos equipamentos deste parque de máquinas são equipamentos VRT (“Variable Rate Technologies”) usados normalmente nas técnicas de agricultura de precisão aquando da distribuição diferencial de fertilizantes. Existem ainda sensores geoelectricos de solo, sensores multiespectrais próximos e activos (“on the fly”), sensores de humidade solo, de capacitância das plantas, de clorofila, etc. Existe ainda uma infraestrutura de “cloud” e servidores dedicados ao “download”, processamento e serviço de imagens satélite da ESA e da NASA. A FCT/UNL possui um laboratório de Geoquímica e Geoquímica de Solos equipado com um microscópio electrónico de varrimento, um equipamento de absorção atómica, um NITON –XRF, equipamento para recolha de amostras no campo, colorímetros, etc. Detém ainda um laboratório equipado de hidrogeoquímica com sistemas de cromatografia de alta resolução, assim como um laboratório de Detecção Remota equipado com drones e câmaras de infra-vermelhos e computadores e software específico de análise de imagem. Ao nível dos laboratórios de fitotecnologia crescem ainda detectores de fluorescência de clorofila “in vivo”, condutivímetros Crison, centrifugas, espectrofotómetros de absorção molecular, etc. A FCT/UNL disponibiliza ainda uma viatura todo o terreno para trabalho de amostragem no campo e resistivímetro para análise de perfis de solos.

12 - No ponto 6.6 refere-se que “Os centros de investigação mencionados têm ainda um caminho importante a percorrer para melhorarem a sua avaliação, que é apenas de BOM (contraposição a EXCELENTE e MUITO BOM). O nível e quantidade das publicações em geral é incipiente em algumas vertentes da AP”. Note-se que a classificação de um centro é uma ponderação de distintos parâmetros e áreas científicas onde a produtividade científica pesa. Se analisarmos apenas a produtividade dos investigadores na área científica da Agricultura de Precisão chegamos a valores de produtividade de mais de 2 artigos indexados por ano e por investigador, o que relativamente à média da área científica é muito relevante.

13 - No ponto 7.4 refere-se que “Pelo que foi apresentado no Relatório o espectro de atividades de desenvolvimento tecnológico, prestação de serviços à comunidade e formação avançada no âmbito deste ciclo de estudos é relativamente limitado e pouco diversificado, embora sejam referidas parcerias nacionais e internacionais, designadamente a nível do ERASMUS + e do programa EDULINK II.”. Não se entendem as observações da CAE pois neste momento já existe uma “spin-off” da Universidade de Évora a fornecer serviços de Agricultura de Precisão ao mercado e com um elevado sucesso a contar pelo número de clientes que já detém. Esta “spin-off” acumula prestação de serviços à comunidade, transferência de tecnologia existente, criação de nova tecnologia pela investigação realizada e a realizar continuamente com os dados dos seus clientes, dados esses que culminam em formação avançada, nomeadamente de mestres e doutores.

### **Introduction**

This response focuses on the contents of the preliminary report of the A3ES External Evaluation Committee (EAC) for the Master's Degree in "Precision Agriculture Technologies" (NCE / 17/00119). Although in many aspects that are structuring for any cycle of studies are made very positive observations by the CAE, in other aspects there having been presented some reservations, although the final Recommendation is for the accreditation of the study cycle.

The objective of this response is to provide additional information to the original document "Presentation of the application for a new cycle of studies" in response to a number of comments which were considered relevant.

But before that, we would like to emphasize aspects that we considered fundamental for the creation of a cycle of studies and which were positively appreciated by the CAE. We refer in particular to the fact that there was a:

1. Recognition that the coordinators of both institutions show academic and professional skills that fit in the area of the study cycle, and have a relatively long professional experience after the PhD (section 1.2.2.);
2. Recognition that the specific conditions of admission, the curricular structure and the study program, are appropriate and respect the legal requirements (sections 2.11, 2.1.2, 2.3.1, 2.3.2);
3. Recognition that the designation of the study cycle is appropriate and appealing (item 2.2.2);

4. Recognition that the general objectives defined for the study cycle are well specified, and that the study cycle is in accordance with the educational strategy of both institutions (sections 3.1.1. and 3.1.4.).

5. Recognition that the institutions have defined their own specific educational, scientific and cultural project and that the general objectives of this study cycle are compatible with that project (sections 3.2.1 and 3.2.3);

6. Recognition that the teaching staff fulfils the legal requirements and is subject to performance evaluation (sections 4.1, 4.3 and 4.5);

7. Recognition that the institutions have adequate facilities to this study cycle (section 5.4);

8. Recognition that there are publications and scientific, technological, cultural and artistic activities developed in the area of the study cycle and integrated in projects and/or national and international partnerships (sections 6.2 and 6.3);

9. Recognition that there are activities of technological development and advance training, and outreach activities and links established to different stakeholders (section 7.2);

10. Recognition that the study cycle is an innovative training cycle and has all the conditions to promote a significant recruitment of students (section 8.4);

11. Recognition that the total number of credits and the duration of the course of study are framed in the legislation in force (section 9.4).

#### 1- Response grounds

As mentioned before, the points with critical comments made by the CAE will be presented here and new elements will be added for a detailed clarification of several situations, which will serve the Commission to elaborate a judgment, in detail and in general, more reasoned and in line with the pertinence of the creation of the Master's Degree in "Precision Agriculture Technologies" at the University of Évora in association with Universidade Nova de Lisboa.

1 - In section 2.3.2 (and in addition to section 10.5) it is pointed out that the first semester of the course "... is essentially occupied by very general aspects ... of agro-food production and associated factors ...".

However, as stated in section 2.1.2, "The conditions of admission are restricted to holders of a Bachelor's degree or legal equivalent in natural sciences, agricultural sciences, food technology, or

related fields." In this context, it is assumed that some Curricular Units of the first semester of the study cycle intend, at first, to provide a set of basic knowledge that could allow a full acquisition / complete uniformization of prerequisites and competences by the students; and, in a second moment, the development of a teaching-learning process around the acquisition, understanding, application and integrated valorisation of up-to-date knowledge (i.e., last-generation), with strong application to the Curricular Units of the second semester, is also intended.

2 - In section 3.3.5 it is pointed out that "The CU Data Processing Technologies in PA has a very broad syllabus". Concerning this issue, in addition to section 9.6 and according to the suggestions of the CAE, changes were made to the syllabus of this CU. It was considered that the univariate and bivariate analysis and probabilities were disproportionately prominent, therefore these subjects will be approached as revisions, with the possibility of organizing tutorial sessions for students who are not familiar with these concepts. At most 20% of the classes will be dedicated to these subjects. It was also considered that geostatistics is indeed important in precision agriculture, regarding the analysis of spatial continuity and estimation by kriging. These subjects will more prominent and are expected to occupy 40% of the classes. The remaining 40% of the classes will be devoted to regression analysis, multivariate analysis and ANOVA which are important concepts for the course and are not given in the first cycles. The practical component will be carried out entirely with "R" software instead of the two previously referred (R and SGEMS), which simplifies greatly the learning process. The connection to the GIS is also withdrawn from the syllabus because there is a CU in the second semester dedicated to this subject.

3- In section 3.3.5 (and in addition to section 9.6) it is also pointed out that " in other ones (CU's) it is incomprehensible that they deserve the time ...". In this case, based on the A3ES report, considering the relevance of the suggestion of the CAE, the following items will be added to the syllabus of the CU "Agro-food and Sustainability" " , something that was not initially expressed but that was present in the concerns of the UC academic responsible: i) The importance of intelligent agriculture in face of climate changes - objectives it proposes; (ii) Main types of agroforestry systems and their contribution to sustainable development; (iii) Challenges to the implementation of agroforestry systems; (iv) from intelligent agriculture to the so-called intelligent landscape (climate-smart landscape).

4 - In section 3.3.5 it is also referred that "There are cases of syllabus not integrated and confusing (Stress Factors and Agrofood Productivity)". In this CU it was considered that the note of the CAE results from an incomplete analysis due to the limitation of space for presentation of the CU syllabus. The CU syllabus contents intends to confer basic and current skills to the students, in the scope of crop physiology and biochemistry, which can be applied in the CU's "Remote Sensing and Image Analysis" and "Precision Agriculture I", according to an optimization perspective of systems and processes.

5 - In section 3.3.5 it is also pointed out that "... or inconsistent and misfit (Food Raw Materials)...". In this CU it is intended to achieve a general knowledge of food raw materials with dominance in quality standards. In the genesis of this CU remains an integrative approach of knowledge that precision farming must obey - knowledge of some of the main crops and production / quality requirements.

6- In section 3.3.5, the CAE also states that "We suggest to replace the Management and Water Quality, for Water Resources as it does not address the management.". We recognize the relevance of the suggestion made and the CU has been modified in the items "Learning Objectives, Syllabus, Teaching Methodologies and Main Bibliography" to comply with the suggested and indicated in section 3.3.5 and in section 12.4, making the syllabus of this UC more clear and precise, as it is described in the summary form annexed to this document. In addition we wish to refer that, the syllabus of this CU is complemented with the syllabus of the unit "Technologies for the efficient use of water in irrigation", which is why the technologies for sustainable use of water and quality control are not described here.

7- In section 4.6 it is pointed out that "It is missing some link to the mechanisms and processes for production in agriculture; therefore, it is present some lack of experience of the teaching staff in PA, and in the new technologies related to this area". However, the Faculty of Sciences and Technology of the Universidade Nova de Lisboa have been involved in agricultural production for some time (in some cases since 1988) and currently all teachers are involved in 6 projects related to precision agriculture (Operational Groups PDR2020-101-030719, PDR2020-101-030727, PDR2020-101-030835, PDR2020-101-030671, PDR2020-101-030734, PDR2020-101-030701). It is also worth mentioning that the professors of the University of Évora have been involved in the last 5 years in 7 Precision Agriculture projects (ALENT-07-0224-FEDER-001742; PRODER 43825; PRODER 46106; PRODER 57154; EXCL / AGR- EuropeAid / 132023 / D / ACT / ACPTPS) and are currently involved

in 5 Precision Agriculture projects (NA-2017-3519 / 001-001 SPARKLE, 0049\_INNOACE\_4\_E. 2017, 575898-EPP-1-2016-1-EL-EPPKA2-SSA SAGRI; 585814-EPP-1-2017-1-EL-EPPKA2-CBHE-JP SFARM; ALT20-03-0247-FEDER-017962 AWARTECH), among others already applied and still without results of the evaluation.

8 – In section 3.1.4 it is pointed out that there "not presented in detail the skills that the students may develop professionally". Regarding this, we can clarify that precision agriculture is typically a multidisciplinary scientific area and, as such, is more technically and humanly demanding, having as traditional bases the agronomic, agricultural engineering and agricultural economics knowledge. In this way, it is based on the following key competences: i) agronomy (soil, disease and pest management, nutrients, crop growth and development, and diagnostic capacity); ii) technology (Geomatics - Geographic Information Systems, Remote Sensing and GNSS, analysis, efficient processing and handling of data, and understanding how sensors, communications and controllers fit in the Agro system); (iii) economics (understanding the agribusiness, farmer-managed revenues and costs, how to calculate the return on technology investments, and how agricultural entrepreneurs manage production, marketing, and business risks); analysis (mathematics and applied statistics, calculations on the application of production and harvest factors, equipment calibration, trend analysis and interpretation of spatial and temporal variability); communication (knowing how to listen and ask questions about the customer's productive technology, their needs and preferences, and the ability to communicate both the value of resources and the product); ethics (always act for the right reasons, always consider the people and the environmental consequences vs the creation of social and economic value).

9 - Section 3.1.6 points out the need to make a "clearer indication of the areas in which it would be possible to accomplish the integration of graduates in the labour market, specifically in the national context of related businesses connected to the agro-food production chain.". On this point, the document "The Future of Food and Farming", recently drawn up by the European Commission, sets out the guidelines for the new CAP after 2020. In that document it is clear that common policy instruments such as CAP, after 2020, will be fundamentally oriented towards the technological development and conversion from an analogue agriculture to a digital agriculture. This change of paradigm will "force" the acquisition of new digital skills (section 8) until now not valued, making depending also the income aids on the incorporation of this type of technologies in its productive

process. In view of the above, the masters who complete this master's degree will enter easily into the business companies that offer services in the following market areas: i) Agricultural machinery and equipment (calibration and parameterization of sensors and actuators in agricultural machinery and equipment, as well as, the study and design of VRT applications at soil and crop level); ii) Plant nutrition (interpretation of satellite images, nearby sensors, geoelectric soil sensors and / or drone-transported sensors for increasing the efficiency of plant nutrition); (iii) pests and diseases (sensory interpretation and diverse modelling in increasing the efficiency / effectiveness of pests and plant and animal diseases control); (iv) Irrigation and irrigation equipment (nearby and remote sensors at ground and plant level to increase the efficiency of water application and fertirrigation); (v) animal production (different sensors for the management and interpretation of animal behaviour, herd behaviour and use of space); vi) Agro industries (agro industrial management and control of quality and traceability of agricultural products); vii) Geo-positioning (cartography and control of plots and agro-livestock variables); viii) Data management and interpretation of advanced tools; ix) Science and research.

10 – In section 3.3.5 it is pointed out that "The CU Dissertation Project, boosting the thesis research work, comprises 18 ECTS, which is apparently excessive, in addition to presenting a program relatively vague.". It should be noted that most of the students who will enter this master's degree have little or no experience in doing a dissertation, since most of them will be students with only the first cycle and with no history of doing work leading to a thesis or dissertation. Certainly, this type of students, in its overwhelming majority, have never elaborated a credible bibliographical research (namely using the B-On), a state of the art revision, a poster, a technical-scientific presentation, a technical-scientific report, etc., as such , it is considered relevant the opportunity and the duration of this UC as a way for creating skills of analysis, synthesis, writing and communication, as well as, of scientific maturity, prior to the elaboration of the dissertation itself. Entering this CU each student will already know his dissertation subject and, therefore, the research and state of the art revision will be oriented, intending that, when concluding the CU, he could already elaborated the "state of the art" of the theme that will be develop in his dissertation. Prior to all this process there will be conducted study visits at the beginning of the CU, so that the students be able to get in touch with the technical and scientific problems of Precision Agriculture and thus can be inspired to choose the specific theme of their dissertation.

11 – In section 5.6 it is pointed out that "It are not indicated specific laboratories to support cycle of studies can support. The indication on the equipment is also scarce, particularly in respect of agricultural machines and agricultural processing infrastructures.". We can inform the CAE that, in relation to this item, the University of Évora has an experimental farm, known as Mitra, where the Plant production, Phytopathology, Animal Health, Animal Husbandry, Rural Engineering and Agroindustries laboratories are located. These laboratories are equipped with the most modern equipment in each scientific area. In addition, this experimental farm has a fleet of agricultural machinery and farming equipment which supports the preparation of all agricultural activities on the farm, as well as teaching and research activities. Many of the machinery equipment are VRT equipment ("Variable Rate Technologies") commonly used in precision farming techniques for differential fertilizer distribution. There are also ground-based geoelectric sensors, near-active multispectral sensors ("on the fly"), soil moisture sensors, plant capacitance sensors, chlorophyll sensors, etc. There is also a cloud infrastructure and servers dedicated to ESA and NASA satellite image downloading, processing and service. The FCT / UNL has a Geochemistry and Soil Geochemistry laboratory equipped with a scanning electron microscope, an atomic absorption equipment, a NITON-XRF, field sampling equipment, colorimeters, etc. It also has a laboratory equipped with hydrogeochemistry with high-resolution chromatography systems, as well as a Remote Sensing laboratory equipped with drones and infra-red cameras and computers and specific image analysis software. At the level of the plant production laboratories, there are also fluorescence detectors for chlorophyll in vivo, Crison conductivity meters, centrifuges, molecular absorption spectrophotometers, etc. The FCT / UNL also offers an all-terrain vehicle for field sampling and a resistivity meter for soil profile analysis.

12 – In section 6.6 it is pointed out that "The Research Centres listed have still an important way for improving in their evaluation, to reach higher standards (from the level Good to Excellent or Very Good). The level and number of publications has still a low significance in some aspects of the PA". It should be noted that the classification of a centre is a weighting of different parameters and scientific areas where scientific productivity weighs. If we analyse only the productivity of researchers in the scientific area of Precision Agriculture, we reach the productivity values of more than 2 indexed articles per year per researcher, which in relation to the average scientific area is very relevant.



13 – In section 7.4 it is pointed out that "From what was presented in the report the range of technological development activities, outreach action and advanced training within the framework of this course is still relatively limited and little diversified, although they are referred national partnerships and in particular at the level of the international ones like ERASMUS + and EDULINK II programs." We do not understand the CAE observations regarding this issue because at present it exists already a spin-off of the University of Évora providing Precision Agriculture services to the market and with a high success based on the number of clients it already owns. This spin-off provides services to the community, the transfer of existing technology, the creation of new technology by the already research carried out and that there is on-going, using the clients data, which culminates in advanced training, namely of masters and doctors.

## ANEXOS

### Ficha da Unidade Curricular

<b>Unidade curricular / Curricular Unit</b>
Gestão e Qualidade da Água/ Management and Water Quality
<b>Docente responsável e respetivas horas de contacto na unidade curricular (preencher o nome completo):</b>
Responsible academic staff member and lecturing load in the curricular unit (fill in the full name):
Maria Manuela Malhado Simões Ribeiro (Responsável e Regente), TP: 56h.
<b>Outros docentes que lecionam a unidade curricular e respetivas horas de contacto na unidade curricular:</b>
Other academic staff and lecturing load in the curricular unit:
<b>Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):</b>
No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido: - Conhecimento detalhado sobre fontes e origens da água, modelos e técnicas de gestão, planos de monitorização e metodologias de controlo para preservação da quantidade e qualidade em função dos usos. - Pensamento crítico analítico sobre estratégias e escolhas a adotar em situações de exploração e contaminação de recursos hídricos.
<b>Learning outcomes of the curricular unit (knowledge, skills and competences to be developed by the students):</b>
At the end of the course the student will have acquired: -Detailed knowledge of water sources, management models and techniques, monitoring plans and methodologies for the control and preservation of quantity and quality according to the different uses. -Project writing and oral communication skills applied in the presentation of results. -Reading, understanding and evaluating scientific literature related with the subject of the course.
<b>Conteúdos programáticos:</b>
Nas aulas teóricas e práticas serão abordados tópicos relacionados com a gestão e qualidade da água, tais como: 1. Introdução aos conceitos básicos de gestão e sua aplicação à gestão da água. Planeamento e unidades de gestão. Valor e custo da água. Enquadramento legal. Secas e escassez hídrica. Ferramentas de gestão para uso eficiente e sustentável da água.

2. Conceito de qualidade aplicado à água e certificação. Parâmetros de qualidade, físicos, químicos, microbiológicos, organoléticos e radiológicos. Alteração da qualidade da água em resultado de atividades agrícolas, industriais e urbanas. Métodos e processos de tratamento. Reutilização.

### **Syllabus:**

In the lectures and experimental classes, the following topics on water quality and management will be presented:

- Introduction to basic management concepts and their application to water management. Planning and management units. Value and cost of water. Legal framing. Drought and water scarcity. Management tools for an efficient and sustainable water usage.
- Concept of quality applied to water and certification. Physical, chemical, microbiological, organoleptic and radioactive indicators of water quality. Change in water quality as a result of agricultural, industrial and urban activities. Treatment methods and process. Reuse.

### **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos da unidade curricular.**

Um bom conhecimento dos recursos hídricos e qualidade da água são fundamentais e indispensáveis à gestão sustentável dos mesmos, aspeto demonstrado pela coerência entre os objetivos e as matérias abordadas na disciplina.

### **Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

The objectives will be achieved by developing the knowledge of concepts about water resources and quality, essential to a sustainable water management.

### **Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

Aulas teórico-práticas e experimentais.

Nas sessões experimentais, os alunos são motivados para o uso de metodologias analíticas avançadas para análise laboratorial da composição da água. São utilizadas técnicas de potenciometria, cromatografia (HPLC) e ião seletivo para quantificação iónica da composição da água.

Estudo de caso de gestão da água em sistemas públicos, privados e mistos.

Visitas de estudo a ETARs (Portinho da Costa, Barreiro/Moita e Alcântara), ETAs (abastecimento público de Barreiro, Almada e Lisboa) e Laboratórios de análise e controlo de qualidade da água (Laboratório da EPAL)

Avaliação contínua e exame final.

### **Teaching methodologies (including evaluation):**

Lectures and experimental classes.

In the experimental sessions, students are invited to apply advanced theoretical and analytical skills in the laboratorial analysis of water composition. Titration, selective electrode and chromatographic methods are used to quantify the ionic composition of water.

Case study on water management in public, private and mixed systems.

Field trips to waste water treatment stations (ETARs Portinho da Costa, Barreiro/Moita and Alcântara), a water supply system (ETAs Barreiro, Almada and Lisbon) and a laboratory of analysis and water quality control (EPAL Laboratory).

Continuous evaluation and final exam.

**Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.**

A articulação entre aulas teórico-práticas e sessões experimentais permitem cumprir com os objetivos pretendidos nas competências e conhecimento a adquirir pelos estudantes.

**Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes:**

The combination of theoretical and experimental sessions will allow students to achieve the learning objectives.

**Bibliografia principal:  
Main Bibliography:**

1. Integrated water resources management: Concept, research and implementation by Dietrich Borchardt, Janos J. Bogardi, Ralf B. Ibsch. *Springer*, 2016, ISBN 978-3-319-25069-4
2. The Management of Water Quality and Irrigation Technologies. Edited by Jose Albiac & Ariel Dinar, 2009. ISBN 978-1-84407-670-3
3. Guidelines for Water Quality Management by J. M. Mauskar. *Central Pollution Control Board "Parivesh Bhawan", East Arjun Nagar, Delhi*, 2008
4. Status report on the application of integrated approaches to water resources management by world water assessment programme. 2012.
5. Sustainable Water Quality Management Policy. The Role of Trading: The U.S. Experience by C. Pharino, *Springer*, 2007, 142 p. ISBN-13 978-1-4020-5863-9 (e-book)

## Ficha da Unidade Curricular

<b>Unidade curricular / Curricular Unit</b>
Nome: Produção Agroalimentar e Sustentabilidade /Agrofood Production and Sustainability
<b>Docente responsável e respetivas horas de contacto na unidade curricular</b> Responsible academic staff member and lecturing load in the curricular unit
Nome: Fernando Henrique da Silva Reboredo ( <i>Responsável e Regente</i> ) – T-14h; TP-28h
<b>Outros docentes que lecionam a unidade curricular e respetivas horas de contacto na unidade curricular:</b> Other academic staff and lecturing load in the curricular unit:
Nomes:
<b>Objetivos de aprendizagem</b> <b>(conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):</b>
No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam: Ser capaz de perceber a dimensão integradora da cadeia de produção agro-industrial. Compreender a importância da agro-indústria na alimentação humana. Conhecer as principais ameaças à agro-indústria, desde as alterações climáticas até à poluição dos agro-ecossistemas. Reconhecer que a segurança alimentar é compatível com práticas sustentáveis e amigas do ambiente Reconhecer o potencial dos resíduos agro-industriais, como biorecursos para produtos de valor acrescentado.
<b>Learning outcomes of the curricular unit</b> <b>(knowledge, skills and competences to be developed by the students):</b>
To be able to understand the integrated dimension of the agro-industrial production chain. To understand the importance of agro-industry in human diet. To know the main threats to agro-industry, from climate changes to the pollution of agro-ecosystems. To recognize that food safety is compatible with environmental-friendly sustainable practices. To recognize the potential of agro-industrial wastes (currently seen as low value materials) as bio-resource to produce value added products.
<b>Conteúdos programáticos:</b>
A agro-indústria e a globalização da economia A importância económica da produção vegetal e animal. Da produção à comercialização. A importância da qualidade e segurança alimentar Aproveitamento e utilização de resíduos agroalimentares. As principais ameaças à sustentabilidade agro-industrial. A importância da agricultura inteligente em face das alterações climáticas – objectivos a que se propõe  Principais tipos de sistemas agro-florestais e o contributo para o desenvolvimento sustentável

Desafios à implementação dos sistemas agro-florestais.

Da agricultura inteligente à denominada paisagem inteligente

Programas Europeus de desenvolvimento agro-industrial e medidas amigas do ambiente

### **Syllabus:**

The agro-industry and the global economy

The economic importance of plant and animal production. From production to the marketing.

The importance of quality and food safety

Recovery and utilization of agro-industrial wastes.

The main threats to agro-industrial sustainability.

The importance of the smart-agriculture in face of the climate changes – main goals

Main types of agro-forestry systems and their contribute to the sustainable development

Challenges to the implementation of agro-forestry systems

From the climate-smart agriculture to the climate-smart landscape

European programs of agro-industrial development and environmental-friendly measures.

### **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos da unidade curricular.**

Os conteúdos programáticos são coerentes com os objectivos propostos pois abordam os aspectos fundamentais da produção agro-industrial e a globalização da economia. Neste contexto, a competitividade do sector agro-industrial ocorre em paralelo com a modernização tecnológica e um melhor conhecimento dos mercados em particular a adequação de produtos a novos mercados.

Na óptica da sustentabilidade, realça-se a utilização dos resíduos agro-industriais como elementos geradores de riqueza, diminuindo em simultâneo a carga poluente no meio ambiente. Por outro lado, o crescimento sustentado do sector não deve implicar um decréscimo na qualidade da produção.

### **Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

The syllabus meet the proposed objectives by addressing key aspects related with the agro-industrial production and the globalization of the economy. In this context, the competitiveness of the agro-industrial sector runs in parallel with the technological modernization and a growing knowledge of the markets and particularly the adequacy of products to new markets. In the sustainability optics, it is emphasized the utilization of agro-industrial wastes as elements generators of richness, decreasing simultaneously the pollution burden in the environment.

On the other hand, the sustainable growing of the sector does not must imply a decrease in the quality production

### **Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

As sessões teóricas realizam-se com recurso a data-show e métodos de e-learning (uso da plataforma Moodle). As aulas teórico-práticas constam de análise e interpretação de casos de estudo. Os projectos e/ou trabalhos são iniciados nas aulas teórico-práticas, através de pesquisa on-line sobre os assuntos a abordar, existindo uma orientação contínua por parte do Responsável da Unidade Curricular. Os estudantes terão acesso a toda a bibliografia sobre a UC assim como a todos os materiais disponibilizados (power-points, PDFs). A formação teórica e teórico-prática complementa-se com a atenção personalizada em aulas

tutoriais, embora o Responsável esteja sempre disponível para eventuais dúvidas e orientação. A avaliação será contínua, composta por 3 elementos, havendo classificação mínima de aprovação (9,5 escala de 20 valores) a cada componente – o peso da componente teórica é de 60% e a teórico-prática:40%.

**Teaching methodologies (including evaluation):**

Theoretical lectures are held using data-show and e-learning methods (use of the Moodle platform). Theoretical-practical sessions consist of analysis and interpretation of case studies. The projects and/or works begin in theoretic-practical sessions through online research about the issues related with the Curricular Unit (CU), existing thereafter a continuous orientation by the Responsible. Students will have access to all the bibliography and materials (power-points, PDFs) used in the CU which will be put on a web-platform. The theoretical and theoretic-practical lectures are complemented with personalized attention in Tutorial classes, although the Responsible by the CU is always available for doubts and guidance aspects.

Assessment is continuous, consisting of 3 elements, with a minimum grade of approval (9.5 scale of 20 marks) for each component – the weight of theoretical component is 60% and theoretic-practical 40%.

**Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.**

As metodologias utilizadas procuram motivar os alunos para a importância da agro-indústria com vista à definição de linhas estratégicas para o sector que englobam a definição de novos produtos, novas marcas, e novas tecnologias. A competitividade é crucial para gerar emprego, rendimentos permitindo combater a pobreza em especial no mundo em desenvolvimento.

**Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes:**

The methodologies seek to motivate students to the importance of agro-industry in order to the definition of new strategic lines for the sector, including the definition of new products, new brands and new technologies.

Competitiveness is crucial for creating employment and income, allowing fight the poverty particularly in the developing world.

**Bibliografia principal:**

**Main Bibliography:**

1. Basch, G., Kassam, A., González-Sánchez, E. J. & Streit, B. 2012. Making sustainable agriculture real in CAP 2020. The role of conservation agriculture. The European Conservation Agriculture Federation (ECAAF), Brussels, 48 pg., ISBN: 978-84-615-8106-1
2. Da Silva, C. A., Baker, D., Shepherd, A. W., Jenane, C. & Miranda-da-Cruz, S. (Ed). 2009. Agro-industries for Development, CABI Publishers, 278 pg., ISBN: 978-1-84593-576-4
3. Nigam, P.S. & Pandey, A. (Ed). 2009. Biotechnology for agro-industrial residues utilisation: Utilisation of agro-residues, Springer-Verlag, 466 pg., ISBN: 978-1-4020-9941-0
4. Robinson, G. M. (ed). 2008. Sustainable Rural Systems: Sustainable Agriculture and Rural Communities. Ashgate Publishing Limited, 210 pg., ISBN: 978-0-7546-4715-7

5. Brouwer, F., van Rheenen, T., Dhillon, S. S. & Elgersma, A. M (eds). 2008. Sustainable Land Management: Strategies to Cope with the Marginalisation of Agriculture, Edward Elgar Publishing, 252 pg., ISBN: 978 1 84542 902 7
6. Scherr et al., (2012) From climate-smart agriculture to climate-smart landscape. Agriculture and Food Security, 1:12
7. Negra et al., (2014) Brazil, Ethiopia and New Zealand lead the way on climate-smart agriculture. Agriculture and Food Security, 3:19



## Ficha da Unidade Curricular

<b>Unidade curricular / Curricular Unit</b>
Tecnologias de Processamento de Dados na Agricultura de Precisão / Data Processing Technologies in Precision Agriculture
<b>Docente responsável e respetivas horas de contacto na unidade curricular (preencher o nome completo):</b> Responsible academic staff member and lecturing load in the curricular unit (fill in the fullname): José António de Almeida (Responsável e Regente) T:14h, P: 28h.
<b>Outros docentes que lecionam a unidade curricular e respetivas horas de contacto na unidade curricular:</b> Other academic staff and lecturing load in the curricular unit:
<b>Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):</b> No final desta unidade curricular o estudante terá adquirido conhecimentos, aptidões e competências que lhe permitam: <ul style="list-style-type: none"><li>- Compreender a leitura de um relatório técnico onde exista informação apresentada e/ou trabalhada por análise e modelação estatística;</li><li>- Ser capaz de sintetizar informação, qualitativa e quantitativa, de uma tabela de dados, nomeadamente facilitando a interpretação e a retirada de conclusões;</li><li>- Entender a relação bi- ou multivariada de uma tabela de dados, analisar redundâncias e lacunas de informação;</li><li>- Distinguir várias sub-populações de uma amostra, e utilizar ferramentas adequadas para a geração de sub-conjuntos de dados;</li><li>- Gerar imagens de valores estimados de uma propriedade amostrada pontualmente numa area de estudo.</li><li>- Saber aplicar ferramentas de análise de dados na plataforma R, nomeadamente importar dados e extrair relatórios.</li></ul>
<b>Learning outcomes of the curricular unit (knowledge, skills and competences to be developed by the students):</b> At the end of this course the student will have acquired knowledge, skills and abilities to: <ul style="list-style-type: none"><li>- Understand a technical report where the information presented result from a statistical analysis and/or spatial modeling;</li><li>- Being able to synthesize information from a qualitative and quantitative dataset, in particular the interpretation and drawing of conclusions;</li></ul>

- Understand the bi-or multivariate relationships between variables of a dataset, and analyze redundancies and gaps of information;
- Distinguish the various sub-populations of a sample, and use the best tools for the generation of sub-sets of data;
- Generate estimated images of a continuous property locally sampled in the study area.
- Apply data analysis tools in R platform, including importing data, graphical view and the output of reports.

### **Conteúdos programáticos:**

Revisões de probabilidades, e análise estatística univariada e bivariada. Recolha de informação, suporte, resolução espacial. Visualização de dados. Conceito de incerteza.

Análise multivariada. Análise em componentes principais. Classificação ascendente hierárquica e classificação não hierárquica (K-means). Análise de variância (ANOVA).

Regressão. Modelos lineares generalizados. Abordagem espacio-temporal. Curvas de tendência.

Geoestatística. Variáveis aleatórias. Teoria das variáveis regionalizadas. Análise de continuidade espacial: covariância espacial e variograma. Variogramas direccionais e isotropia / anisotropia. Ajuste de funções teóricas. Estimacão por krigagem. Variância de krigagem. Visualização de resultados. Teste de validação cruzada.

Prática: Exercícios com os softwares R (análise de dados e geoestatística).

### **Syllabus:**

Review of univariate and bivariate statistical analysis and probability theory. Collection of information, scale, spatial resolution. Graphical representation of data. Uncertainty.

Multivariate analysis. Principal component analysis. Hierarchical and nonhierarchical (K-means) clustering methods. Analysis of variance (ANOVA).

Regression. Generalized linear models. Spatio-temporal models. Trend curves.

Geostatistics. Random variables. Theory of the regionalized variables. Spatial continuity analysis: spatial covariance and variogram. Directional variograms and isotropy / anisotropy. Fitting of theoretical models. Kriging estimation. Kriging variance. View of results. Cross validation.

Practice: Exercises solved in R software (data analysis and geostatistics).

### **Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos da unidade curricular.**

O conteúdo programático estabeleceu-se na dependência dos objectivos pretendidos.

O aluno poderá entender todo um conjunto de ferramentas das mais utilizadas para o tratamento estatístico de dados na área da agricultura de precisão, aprendendo detalhadamente os fundamentos teóricos, a informação de partida, os resultados, as limitações e as alternativas.

Esta unidade está prevista para iniciar-se com revisões dos conceitos básicos que a maior parte dos alunos já terá de anteriores cursos de estatística geral. Estes conceitos são então estendidos para as ferramentas estatísticas mais avançadas e que se podem agrupar em estatística univariada, bivariada e multivariada, classificadores, regressão linear e inferência espacio-temporal ou geoestatística.

### **Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives.**

The syllabus was established according on the objectives.

The student can understand a whole set of the most used tools for statistical analysis of data in the precision agriculture, namely learning in detail the theoretical background, input information, outputs, limitations and alternatives.

This unit is expected to start with a review of the basic concepts that most students already have from previous courses in general statistics. These concepts are then extended to the more advanced statistical tools which can be grouped into statistical univariate, bivariate and multivariate classifiers, linear regression and spatio-temporal or geostatistics inference.

### **Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

A metodologia de ensino utiliza sessões teóricas e práticas de 1 e 2 horas cada: i) aulas teóricas com powerpoint ii) aulas práticas em sala de computadores. As explicações teóricas são suportado com exemplos práticos relacionados com o curso de mestrado. As aulas são baseadas na resolução de problemas, tendo como ponto de partida conjuntos de dados realistas que reproduzam algumas das situações que os futuros profissionais irão trabalhar.

A avaliação é de preferência do tipo contínuo, mas, alternativamente, pode ser feita pelo exame clássico. O modelo de avaliação contínuo é consituído por dois testes escritos para os algoritmos e métodos (que representam 25% + 25% da nota final) e um relatório feito por grupos de dois alunos com a resolução dos problemas práticos resolvidos nas aulas práticas (50% restantes). Alternativamente, e apenas para a componente teórica, os alunos podem optar pelo exame final, onde também podem fazer melhoria da nota dos testes.

### **Teaching methodologies (including evaluation):**

The teaching methodology uses theoretical and practical sessions of 1 and 2 hours respectively: i) theoretical lectures with powerpoint ii) practical classes in the computer room. The theoretical explanations are suported with practical examples related with the master course. The classes are based on problem solving, taking as a starting point realistic datasets that reproduce some of the situations that future professionals will work.

The evaluation is preferably of continuous type but altrnatively can be made by classical exam. Two written tests for methods (representing 25% + 25% of the final grade), and a report made by groups of two students with a resolution of the practical problems worked in class practices (remaining 50 %) will be developed for the continuous assessment option. Alternatively, students have a final theoretical examination where the grade of the theoretical component tests can be also improved.

### **Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.**

Para a compreensão de eventuais dados estatísticos que sejam apresentados num relatório técnico da área de agricultura de precisão (estatística univariada, bivariada e multivariada, classificadores, regressão linear e inferência espacio-temporal ou geoestatística) é necessário que os alunos entendam, em primeiro lugar, para cada ferramenta qual a informação de partida e os resultados e, em segundo lugar, que adquiram sentido crítico que lhes permita avaliar se estas ferramentas foram bem aplicadas e correspondem aos resultados efectivamente apresentados. Estas duas valências adquirem-se com o ensino teórico e pormenorizado das ferramentas estatísticas que se propõem leccionar nesta unidade, assim como dar aos alunos oportunidade para que possam utilizar, com supervisão, a plataforma R a conjuntos de dados da área do mestrado. A teoria e prática, leccionada nestes moldes, já provou ser

adequada em disciplinas similares de geoestatística a funcionar actualmente noutros cursos leccionados pelo DCT.

**Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes:**

For the understanding of almost all statistical results that are presented in a technical report of precision agriculture (univariate statistics, bivariate and multivariate classifiers, linear regression and inference or spatio-temporal geostatistics) is necessary for students, first, to understand for each tool the input information and the outputs and, secondly, motivate them to acquire a critical sense to assess whether these tools have been well applied and if the result corresponds to what is expected. These two issues, detailed theoretical and practice of statistical tools that are propose to teach within this unit, give students the opportunity for them to begin to use, with supervision, the platform R applied to agro-forestry data. The theory and practice of applied statistics taught in this way, has proven to be adequate in other similar disciplines currently lectured in other courses offered by DCT.

**Bibliografia principal:**

**Main Bibliography:**

- Lawal, Bayo (2014) Applied Statistical Methods in Agriculture, Health and Life Sciences, Springer.  
Reis, Elizabeth (1997) Estatística multivariada aplicada, Editora Sílabo.  
Isaaks, E. H. & R. Mohan Srivastava (1989) An Introduction to Applied Geostatistics, Oxford University Press, New York, 561 p.  
Rodriguez J. (1999) Ecología, Edições Pirâmide.  
Caers, J (2011) Modeling Uncertainty in the Earth Sciences, Wiley-Blackwell.  
Haining R. (2003) Spatial Data Analysis: Theory and Practice. Cambridge University Press.