

Ficha de Unidade Curricular – (Versão A3ES 2018-2023)

1. Caracterização da Unidade Curricular.

1.1. **Designação da unidade curricular** (1.000 carateres).
Introdução à Estatística Bayesiana

1.2. **Sigla da área científica em que se insere** (100 carateres).
MAT

1.3. **Duração**¹ (100 carateres).
Semestral

1.4. **Horas de trabalho**² (100 carateres).
162h

1.5. **Horas de contacto**³ (100 carateres).
67.5, TP; 5, OT

1.6. **ECTS** (100 carateres).
6

1.7. **Observações**⁴ (1.000 carateres).
Opcional
Funcionará no 5º semestre do plano curricular da LMATE

1.7. **Remarks** (1.000 carateres).
Optional
It will work in the 5th semester of the LMATE curriculum

2. **Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular** (preencher o nome completo) (1.000 carateres).
Alda Cristina Jesus Valentim Nunes de Carvalho, 67.5h

3. **Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular** (1.000 carateres).
Outros docentes da Secção de Probabilidade, Estatística e Investigação Operacional da ADM

4. **Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes)**. (1.000 carateres).

Após aprovação na unidade curricular, o aluno deverá possuir a capacidade de:

1. Conhecer e aplicar ferramentas de estatística bayesiana.
2. Construir e implementar computacionalmente modelos bayesianos, implementá-lo usando software adequado, tirar e interpretar corretamente as conclusões.
3. Analisar os resultados dos modelos bayesianos.
4. Resolver problemas de inferência estatística.

4. **Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students)**. (1.000 characters).

After being approved in the course, the student should have the ability to:

1. Know and apply bayesian statistical tools.
2. Construct and implement , using appropriate software, bayesian models computationally, draw and correctly interpret the conclusions.
3. Analyze the results of the bayesian models.
4. Solve statistical inference problems.

5. **Conteúdos programáticos** (1.000 carateres).

1. Introdução à estatística bayesiana
 - 1.1. Probabilidade subjetiva
 - 1.2. Metodologia bayesiana versus Metodologia clássica

- 1.3. Utilização sequencial do teorema de Bayes
- 1.4. Representação de informação a priori
- 1.5. Distribuição a priori e distribuição a posteriori
- 2. Cálculo da distribuição a posteriori
 - 2.1. Abordagem analítica; distribuições conjugadas
 - 2.2. Abordagem por grelha
 - 2.3. Abordagem por otimização
 - 2.4. Abordagem por amostragem
 - 2.4.1. O método Monte Carlo
 - 2.4.2. Markov Chain Monte Carlo: Metropolis-Hastings, Gibbs sampler
 - 2.4.3. Hamiltonian Monte Carlo
 - 2.5. Programação probabilística com Stan
- 3. Fluxo de trabalho bayesiano
 - 3.1. Modelos probabilísticos
 - 3.2. Pré-validação de modelos
 - 3.3. Ajuste do modelo aos dados
 - 3.4. Avaliação do modelo
 - 3.5. Comparação de modelos
- 4. Inferência bayesiana
 - 4.1. Inferência com modelos gaussianos e binomiais
 - 4.2. Testes de hipóteses
 - 4.3. Análise de dados
 - 4.4. Regressão e grafos causais
 - 4.5. Modelos de mistura
 - 4.6. Outras aplicações

5. Syllabus (1.000 characters).

- 1. Introduction to bayesian statistics
 - 1.1. Subjective probability
 - 1.2. Bayesian methodology versus Classical methodology
 - 1.3. Sequential use of Bayes' theorem
 - 1.4. Prior information representation
 - 1.5. Prior and posterior distributions
- 2. Computing posterior distributions
 - 2.1. Analytical approach; conjugated distributions
 - 2.2. Grid approach
 - 2.3. Optimization approach
 - 2.4. Sampling approach
 - 2.4.1. The Monte Carlo method
 - 2.4.2. Markov Chain Monte Carlo: Metropolis-Hastings, Gibbs sampler
 - 2.4.3. Hamiltonian Monte Carlo
 - 2.5. Probabilistic programming with Stan
- 3. Bayesian workflow
 - 3.1. Probabilistic models
 - 3.2. Pre-validation of models
 - 3.3. Conditioning the model to the data
 - 3.4. Model evaluation
 - 3.5. Model comparison
- 4. Bayesian inference
 - 4.1. Inference with gaussian and binomial models
 - 4.2. Hypothesis testing
 - 4.3. Data analysis
 - 4.4. Regression and causal graphs
 - 4.5. Mixture models
 - 4.6. Other applications

6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (1.000 caracteres).

Os conteúdos programáticos estão em coerência com os objetivos da unidade curricular, atendendo a que:

- O ponto 1 dos conteúdos programáticos pretende introduzir metodologias necessárias à concretização de todos os objetivos.
- Os pontos 2 e 3 dos conteúdos programáticos pretendem concretizar os pontos 2 e 3 dos objetivos.
- O ponto 4 dos conteúdos programáticos pretende concretizar o ponto 4 dos objetivos.

6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (1.000 characters).

The contents of the syllabus are consistent with the learning outcomes of the course, given that:

- Item 1 of the syllabus intends to introduce the methodologies necessary to achieve all the learning outcomes.
- Items 2 and 3 of the syllabus aim to achieve items 2 and 3 of the learning outcomes.
- Item 4 of the syllabus intended to achieve the item 4 of the learning outcomes.

7. Metodologias de ensino (avaliação incluída) (1.000 caracteres).

As aulas são teórico-práticas. A componente teórica deverá ser apresentada como um conjunto de ferramentas de análise necessárias à resolução de problemas, que sejam motivadores da aprendizagem das técnicas. A componente prática assenta na resolução de casos de estudo. A resolução dos casos práticos associados aos diversos conteúdos é implementada computacionalmente usando um software livre (preferencialmente o R). São disponibilizados aos alunos elementos de apoio aos conteúdos programáticos.

A avaliação de conhecimentos compreende duas componentes, uma teórica e outra prática. A componente teórica é constituída por um exame (nota mínima de 9.5 valores). A componente prática é constituída por um trabalho, com ponderação de 40% na nota final.

A nota final do aluno, NF, será obtida através da fórmula $NF=0.6NT+0.4NP$, onde NT representa a nota da componente teórica e NP a nota da componente prática.

7. Teaching methodologies (including assessment) (1.000 characters).

The classes are theoretical-practical. The theoretical component should be presented as a set of analytical tools needed to solve problems, that motivate the learning of the techniques. The practical component is based on case study resolution. The resolution of the practical cases associated to the various contents is implemented computationally using free software (preferably R). Elements of support for the syllabus are made available to students.

The knowledge assessment comprises two components, theoretical and practical. The theoretical component consists of a final exam (at least 9.5 points). The practical component consists of a work with 40% weighting on final grade.

The final grade, NF, will be obtained by the formula $NF=0.6NT+0.4NP$, where NT represents the grade of theoretical component and NP the grade of the practical component. To be approved, the student must obtain a minimum score of ten values in NF.

8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (3.000 caracteres).

As metodologias de ensino estão em coerência com os objetivos da unidade curricular, dado que a metodologia utilizada para apresentar a teoria possibilita atingir todos os objetivos da unidade curricular. A exemplificação com problemas permite perceber como aplicar a matéria. A metodologia utilizada pretende fornecer conhecimentos para formalizar um problema, escolher os métodos adequados a aplicar e proceder à sua correta aplicação. A resolução de exercícios com recurso à utilização de um software livre (preferencialmente o R) permite a resolução deste tipo de problemas.

Os métodos de avaliação permitem averiguar se o aluno adquiriu conhecimentos suficientes para atingir os objetivos propostos na unidade curricular.

8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (3.000 characters).

The teaching methodologies are in line with the objectives of the curricular unit, given that the methodology used to present the theory makes it possible to achieve all the objectives of the curricular unit. Exemplification

with problems allows us to understand how to apply matter. The methodology used aims to provide knowledge to formalize a problem, choose the appropriate methods to apply and proceed to its correct application. The resolution of exercises using the use of free software (preferably R) allows the resolution of this type of problems. The evaluation methods allow to verify if the student has acquired enough knowledge to reach the objectives proposed in the curricular unit.

9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória (1.000 caracteres).

1. Paulino, C.D., Amaral Turkman, M.A. e Murteira, B. (2003) Estatística Bayesiana. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
2. McElreath, R. (2016). Statistical Rethinking: A Bayesian Course with Examples in R and Stan, Chapman & Hall/CRC.
3. Bolstad, W.M. (2004) Introduction to Bayesian Statistics. New Jersey: John Wiley and Sons.
4. Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S. and Rubin, D, B. (1995) Bayesian Data Analysis, Chapman and Hall/CRC.

¹ Anual, semestral, trimestral, ...

² Número total de horas de trabalho.

³ Discriminadas por tipo de metodologia adotado (T - Ensino teórico; TP - Ensino teórico-prático; PL - Ensino prático e laboratorial; TC - Trabalho de campo; S - Seminário; E - Estágio; OT - Orientação tutorial; O - Outro).

⁴ Assinalar sempre que a unidade curricular seja optativa.