

## Formulário para apresentação de disciplina

---

Sigla da disciplina: LCB5743

Nome da disciplina

Português: Eletrofisiologia da Célula Vegetal

Inglês: Plant Electrophysiology

Espanhol: Electrofisiologia Vegetal

Em qual idioma a disciplina será ministrada?:  Português  Inglês

Programa/Área: [Fisiologia e Bioquímica de Plantas](#)

Nº da área: 11144

Validade inicial (Ano/Semestre): 2013/2

Nº de créditos: 10

Carga horária semanal (horas):

Aulas Teóricas: 05      Aulas Práticas, Seminários e Outros: 03      Horas de Estudo: 02

Duração em semanas: 15

Docente(s) responsável(eis):

1. Ricardo Ferraz de Oliveira

Docente USP n.º 62772

Docente externo. Data de obtenção do título:                      Instituição:

2.

Docente USP n.º

Docente externo. Data de obtenção do título:                      Instituição:

3.

Docente USP n.º

Docente externo. Data de obtenção do título:                      Instituição:

Custos reais da disciplina: R\$

(Apresentar, se pertinente, orçamento previsto para o exercício, em folha anexa)

### PROGRAMA

#### OBJETIVOS

##### Português:

Um importante objetivo de ensino da fisiologia é prover os estudantes com uma sólida compreensão dos conceitos básicos que fundamentam os processos vitais de ordem superior, aumentando sua percepção dos conceitos unificadores (ex. a dependência que os sistemas vivos têm das leis físico-químicas) e melhorando suas habilidades em resolver problemas. A relevância do estudo da atividade elétrica dos seres vivos não se restringe ao seu caráter acadêmico, voltado apenas para o conhecimento e a interpretação das leis que regem o funcionamento dos seres vivos. Várias aplicações de caráter prático, principalmente na área de agronomia, podem ser enumeradas: (a) fertilidade de solos; (b) adubação via solo e foliar; (c) transdução de sinais e respostas das plantas aos estresses; (d) trocas gasosas e

produtividade.

**Inglês:**

Plants are continuously exposed to a wide variety of perturbations including variation of temperature and/or light, mechanical forces, gravity, air and soil pollution, drought, deficiency or surplus of nutrients, attacks by insects and pathogens, etc., and hence, it is essential for all plants to have survival sensory mechanisms against such perturbations. Consequently, plants generate various types of intracellular and intercellular electrical signals mostly in the form of action and variation potentials in response to these environmental changes. However, over a long period, only certain plants with rapid and highly noticeable responses for environmental stresses have received much attention from plant scientists. Of particular interest to our recent studies on ultra fast action potential measurements in green plants, we discuss in this review the evidence supporting the foundation for utilizing green plants as fast biosensors for molecular recognition of the direction of light, monitoring the environment, and detecting the insect attacks as well as the effects of pesticides, defoliants, uncouplers, and heavy metal pollutants.

**Espanhol:**

La Electrofisiología es la parte de la Fisiología que estudia la dinámica de los organismos vivos e la actividad bioeléctrica del las membranas. Los potenciales eléctricos son los mecanismos básicos para la comunicación entre celulas. La electrofisiología tiene como objetivo comprender el funcionamiento elétrico de las membranas y el buen funcionamiento del la planta depende de que el flujo de información que este se encarga de transmitir, sea rápida y eficiente entre las celulas y sus efectores.

La información se transmite utilizando señales eléctricas, que se propagan a lo largo de las membranas de las celulas. Esta señal eléctrica se conoce como impulso nervioso, o potencial de acción. (PA). Los potenciales de acción pueden considerarse como señales eléctricas que una celula envía a otras. Cada celula recibe muchas señales procedentes de otras celulas (potencial convergente) y a su vez envía señales a muchas otras (potencial emergente).

**JUSTIFICATIVA**

**Português:**

No processo de ensino-aprendizagem de Fisiologia, em cursos de pós-graduação, detectamos, frequentemente, grande dificuldade na compreensão de conteúdos da eletrofisiologia básica. Estudantes frequentemente desconhecem a forma de distribuição de íons, entre os meios extra e intracelular; confundem concentração de equilíbrio com potencial de equilíbrio; não entendem o princípio de neutralidade elétrica; são incapazes de explicar o conceito de potencial de membrana, de equilíbrio eletroquímico de um íon.

**Inglês:**

Plant electrophysiology is not in the course program of graduate students whose major is Agronomy. This represents an important gap in their education. Therefore the objective of this course is to fulfill this gap.

**Espanhol:**

Rama de la fisiología que estudia el funcionamiento de las membranas. Se interesa por conocer los principios que vinculan la anatomía y fisiología de la celula con el aprendizaje, la percepción, la motricidad y la cognición. Cómo las membranas producen los impulsos elétricos.

**CONTEÚDO/EMENTA**

**Português:**

Módulo I: Membranas celulares

Estrutura da membrana celular; bicamada de lipídios: composição (fosfolipídios, esfingolipídios e glicolipídios), estrutura e forças que a matem (físico-química da organização da bicamada em água); modelo mosaico-fluído; viscosidade, constante dielétrica e permeabilidade; proteínas de membrana: funções e características; domínios hidrofóbicos; funções das membranas plasmáticas em células eucarióticas.

Módulo II: Transporte e mecanismos de transporte de espécies químicas através da membrana celular

Bases de físico-química de soluções para a análise dos fenômenos de transporte nas membranas celulares: propriedades da molécula de água essenciais para fenômenos da vida; espécies químicas hidrofílicas e hidrofóbicas; massa, carga elétrica e energia térmica; difusão em fase homogênea; primeira e segunda lei da termodinâmica; energia livre de Gibbs; energia livre de Gibbs por mol; potencial eletroquímico; diferença de potencial eletroquímico como força movente do fluxo de espécies

químicas através da membrana celular; interações fracas entre íons e moléculas: energia térmica e estabilidade de agregados; unidades de medida de concentração (mol L<sup>-1</sup>), de medida elétrica (carga elétrica, diferença de potencial elétrico, campo elétrico, resistência e condutância, capacitância) e de energia (joules mol<sup>-1</sup>); difusão pela bicamada lipídica, por poros e por canais; transporte por carregadores, de uma única espécie ou acoplado de duas ou mais espécies; transporte por carregadores, associados à energia metabólica: transportes ativos (bombas); fluxo de água e regulação do volume celular; transporte de moléculas sem carga; transporte de moléculas com carga.

Módulo III: Fenômenos elétricos de membrana e as bases iônicas do potencial de membrana

Diferença de potencial elétrico nas membranas: aspectos quantitativos e técnicas de medida; cargas elétricas em solução aquosa; corrente e condutâncias; capacitância elétrica das membranas celulares; campo elétrico; potencial de membrana: origem, conceito e mensuração; potencial de membrana: importância e valores típicos; potencial de repouso; gênese de diferenças de potencial elétrico por difusão dos íons em solução e equação de Nernst; utilização do potencial de Nernst para transporte de cátions e ânions através da membrana; diferença de potencial elétrico nas membranas celulares permeáveis a múltiplos íons e formalismo de Hodgkin-Katz-Goldman; potencial eletrogênico; consequências fisiológicas da existência de diferença de potencial elétrico nas membranas celulares; aplicações das equações de Nernst e Goldman em nutrição mineral de plantas, fertilidade de solos; adubações e relações hídricas de células.

Módulo IV: Potencial de ação em células vegetais

Formas de codificação de informação através da ocorrência e frequência de sinais estereotipados; breve histórico; potencial de repouso; potenciais graduados; células receptoras sensoriais excitáveis; potencial receptor em células vegetais; potencial de ação: conceituação, caracterização e fases (despolarização e repolarização); limiar e princípio do tudo ou nada; sequência de eventos de um potencial de ação; técnicas de medida (eletrodos intra e extracelulares, métodos ópticos, osciloscópios e uso de mutantes); rotas de propagação em tecidos vegetais; velocidade e tipos; importância e significado em processos fisiológicos (fertilização, estimulação mecânica e tigmotropismo, percepção de temperatura e fotossíntese); técnicas de construção de gaiolas de Faraday e medidas de potenciais de ação com auxílio de osciloscópios. Sinapses química e elétrica: evidências de ocorrência em células vegetais.

#### **Inglês:**

Plant perception is the ability of plants to sense and respond to the environment to adjust their morphology, physiology, and phenotype accordingly. Other disciplines such as plant physiology, ecology and molecular biology are used to assess this ability. Plants react to chemicals, gravity, light, moisture, infections, temperature, oxygen and carbon dioxide concentrations, parasite infestation, disease, physical disruption, sound and touch. Although plant cells are not neurons, they can be electrically excitable and can display rapid electrical responses (action potentials) to environmental stimuli. These action potentials can influence processes such as actin-based cytoplasmic streaming, plant organ movements, wound responses, respiration, photosynthesis, and flowering. These electrical responses can cause the synthesis of numerous organic molecules, including ones that act as neuroactive substances in other organisms. Thus, plants accomplish behavioural responses in environmental, communicative, and ecological contexts. The course is divided in four major sections: I - Membrane Structure and Function; II - Membrane Transport; III - Membrane Electrical Potential and IV - Action Potential in Plants

#### **Espanhol:**

Rama de la fisiología que estudia el funcionamiento del sistema nervioso. Se interesa por conocer los principios que vinculan la anatomía y fisiología de la célula con el aprendizaje, la percepción, la motricidad y la cognición.

TEMAS DE LA ELECTROFISIOLOGÍA:

1) Membranas celulares; II - Cómo las neuronas producen los impulsos eléctricos. III - Cómo se conectan los impulsos eléctricos entre ellas. IV - Qué relación hay entre las conexiones celulares y las conductas específicas.

#### **Bibliografía:**

1 - Nolan WF. A problem-solving approach to teaching electro-chemical driving force to undergraduates. *Advan Physiol Edu* 1990; 4: S1-S3.

2 - Stewart M. Helping students to understand that outward currents depolarize cells. *Adv Physiol Edu* 1999; 21: S62-S68.

3 - Wrigth SH. Generation of resting membrane potential. *Advan Physiol Edu* 2004; 28: 139- 42.

- 4 - Lacaz-Vieira F. Bioeletrogênese. In: Lacaz-Vieira , Malnic G, editores. Biofísica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1981.p. 41-63.
- 5 - Moran WJ, Denton J, Wilson K, Williams M, Runge SW. A simple, inexpensive methods for teaching how membrane potentials are generated. *Adv Physiol Edu* 1999; 22: S51-S9.
- 6 - Manalis RS, Hastings L. Electrical gradients across an ion-exchange membrane in student's artificial cell. *J Appl Physiol* 1974; 36: 769-70.
- 7 - Thurman CL. Resting membrane potentials: a student test of alternate hypotheses. *Adv Physiol Edu* 1995; 14: 537-41.
- 8 - Silverthorn DU. Uncovering misconceptions about the resting membrane potential. *Adv Physiol Edu* 2002; 26: 69-71.
- 9 - Kurbel S. Simplified interpretation of the pacemaker potential as a tool for teaching membrane potential. *Adv Physiol Edu* 2003; 27: 159-61.
- 10 - Gutknecht J. The origin of bioelectrical potentials in plant and animal cells. *Am Zoologist* 1970; 10: 347-54.
- 11 - McDonough AA, Thompson CB, Youn JH. Skeletal muscle regulates extracellular potassium. *Am J Physiol* 2002; 282: F967-F74.
- 12 - Furtado MR. Balanço do potássio e sua regulação. In: Malnic G, Marcondes M. *Fisiologia renal*. São Paulo: EPU; 1986. p. 301-10.
- 13 - Mudado MA, Moreira TH, Cruz JS. O início da era dos canais iônicos. *Ciência Hoje* 2003; 33: 5
- 14 - Koester J. Resting membrane potential and action potential. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM. *Principles of neural science*. New York: Elsevier; 1985. p. 49-57.
- 15 - Devoe RD. Princípios de homeostasia celular. In: Mountcastle, VB. *Fisiologia médica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1978. p. 3-33.
- 16 - Vander AJ, Sherman JH, Luciano DS. *Fisiologia humana*. São Paulo: McGraw-Hill; 1981.
- 17 - Pettit GW, Vick RL. Contribution of pancreatic insulin to extra-renal potassium homeostasis: a two-compartment model. *Am J Physiol* 1974; 226: 319-24.
- 18 - Hernández-González EO, Sosnik J, Acevedo JJ, Mendoza-Lujambio I, López-González I, Demarco I et al. Sodium and epithelial sodium channels participate in the capacitation-associated hyperpolarization in mouse sperm. *J Biol Chem* 2006; 281: 5623-33.
- 19 - Veech RL, Kashiwaya Y, Gates DN, King MT, Clarke K. The energetics of ion distribution: the origin of the resting electric potential of cells. *IUBMB Life* 2002; 54: 241-52.
- 20 - Garcia EAC. *Biofísica*. São Paulo: Sarvier; 1998.
21. *Plant Electrophysiology*. 2012. *Methods and Cell Electrophysiology*. Editors: Volkov, Alexander (Ed.)
22. *Plant Electrophysiology*. 2006. *Theory and Methods*. Editors: Volkov, Alexander G. (Ed.)

#### **CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO (máximo 160 caracteres)**

##### **Português:**

Duas provas durante o semestre.

##### **Inglês:**

Two major exams.

**Espanhol:**

Duas provas.

**Observações:**

Oferecimento no primeiro semestre dos anos pares