

# Engenharia Ambiental UFPR

 [ambiental.ufpr.br/portal/professores/tobias/teaching/hydrodynamics/](http://ambiental.ufpr.br/portal/professores/tobias/teaching/hydrodynamics/)

## Hidrodinâmica

Hidrodinâmica de Sistemas Ambientais / *Hydrodynamics of Environmental Aquatic Systems*

Pós-Graduação: PPGERHA (ERHA7062) e PPGEA (EAMB7016), Graduação em Engenharia Ambiental (TEA767)

3 créditos, disciplina optativa, carga horaria: 45h

***Disciplina ofertado principalmente em ingles!***

Professores : Tobias Bleninger ([contato](#)), Rafael Bueno, Andreza Rigotti, Victoria Monteiro

Horários e sala de aula: Quartas (PF 16) das 13:30-19:00h

Horário de consultas: Por favor, agendar por email ou telefone ([contato](#))

### Ementa

Revisão das equações de movimento e continuidade: Sistemas uni, bi e tridimensionais. Escoamentos estratificados. Correntes de densidade. Modelagem física e numérica de processos de mistura e transporte em Sistemas Ambientais. Exemplos em rios, lagos, reservatórios, águas costeiras e atmosfera.

*Revision of continuity and momentum equations for 1, 2 and 3-dimensional system considerations. Stratified Flows, and density currents. Physical and numerical modeling of mixing and transport processes in Environmental Aquatic Systems. Examples for rivers, lakes and estuaries, as well as coastal waters.*

### Objetivos

Criar a habilidade de fazer revisão crítica e deduzir modelos e conceitos existentes de estudos de sistemas ambientais relacionados a fenômenos de transporte e mistura com efeitos de densidade. Aprender conceitos de limnologia física com monitoramento ambiental como instrumento para diagnóstico, prognóstico e gestão. Poder planejar e avaliar experimentos em campo e no laboratório. Aplicação de métodos e medições em modelos reduzidos para investigação de problemas típicos (lock-exchange, ondas internas, jatos e plumas). Aplicação de métodos e medições em modelos numéricos. Conhecer pesquisas relacionadas ([REMARE](#) – Research Group of Environmental Monitoring, Modeling and Management of Reservoirs, Estuaries and Catchments).

*Create the ability of critical revisions, and developing model conceptions using existing equations for environmental systems, related to transport phenomena including density effects. Learning concepts of Physical Limnology with environmental monitoring for diagnostics, forecasts, and management. Be able to plan, execute and analyze physical and numerical experiments. Apply measurement methods to scaled models for specific applications (lock-exchange, stratification, ...). Apply numerical methods for hydrodynamic models. Learn about related research activities ([REMARE](#) – Research Group of Environmental Monitoring, Modeling and Management of Reservoirs, Estuaries and Catchments).*

**Pré-requisitos recomendados / Recommended pre-requisites:** Mecânica dos Fluidos I e II ou avançado, Processos de Dispersão no Meio Ambiente / *Fluid Mechanics I and II or advanced, Dispersion Processes.*

## Programa/calendário

No.	Dia/day	Data/date	Conteúdo / Content
1/2/3	qua.	22/03/2023	<p>Introdução e calendário / <i>Introduction. Calendar.</i> Definitions. Stratified flow (<a href="#">movie</a>, <a href="#">course presentation</a>, <a href="#">course notes of KIT</a> and <a href="#">Texas A&amp;M</a>, especially “<a href="#">chapter 8 to 11</a>”, including exercises). Hydrostatics of stratified systems. Density calculators (<a href="#">RHOMV</a>, <a href="#">Fluid</a>)</p> <p>Lab 1 (L1): Density/conductivity/instruments.</p>
4/5/6	qua.	29/03/2023	<p>Dynamics of stratified systems. Governing equations. Density currents. Internal hydraulics of stratified flows (<a href="#">ppt</a>).</p> <p>Lab 2: Density currents and lock-exchange experiments.</p> <p>Data processing of laboratory measurements: Data processing. Image processing. Graphs and interpretation.</p> <p><i>Entrega L1</i></p>
7/8/9	qua.	05/04/2023	<p>Introduction to field measurements in limnology (sensors, samples, analysis, ADCP, WQ-Probes, CTD, LISST, Secchi). Processing of field data (non-dimensional numbers, thermocline, etc.) using <a href="#">Lake Analyzer</a> and other tools (<a href="#">pdf</a>, <a href="#">matlab-files</a>, <a href="#">1DModel and processing files</a>). Further tools: <a href="#">WEBAX</a>, <a href="#">NetLake Toolbox</a>.</p> <p>Auxiliary data for lake modeling (<a href="#">Hidroweb</a>, <a href="#">HidroSAT</a> (ANA), <a href="#">SAR</a> (ANA), <a href="#">InMet</a>, <a href="#">Windy</a>, <a href="#">COPEL</a>, <a href="#">Mudak</a>, <a href="#">Bacia Rio Verde</a>, <a href="#">Dados oceanograficos</a>, <a href="#">SurfaceWater changes</a>, <a href="#">LakeViz</a>, <a href="#">FloodRiskAnalyzer</a>, <a href="#">ClimateApp</a>, <a href="#">Bathymetries ANA</a>, <a href="#">MetaDados</a>).</p> <p>Installation of <a href="#">GLM</a> and R</p> <p>Exercises and testing</p> <p><i>Entrega L2 (1a parte)</i></p>

10/11/12	qua.	12/04/2023	<p>Introduction to numerical modeling approaches and modeling applications (slides and GLM intro provided via extra link). Lake modelling (theory, grid, simulation, <a href="#">GLM</a>, <a href="#">Curso GLM online</a>).</p> <p>Hands-on exercises with GLM</p> <p>Entrega L2 (2a parte)</p>
13/14/15	qua.	19/04/2023	<p>Exercise class – data compilation for boundary conditions, model setup – post-processing with lake analyzer and others Internal waves, theory and experiments</p>
16/17/18	qua.	26/04/2023	<p>Exercise class – data compilation for boundary conditions, model setup – post-processing with lake analyzer and others Lab 3: Internal waves (demonstração, sem lista)</p>
19/20/21	qua.	03/05/2023	<p>Exercise class – data compilation for boundary conditions, model setup – post-processing with lake analyzer and others Water quality in Lakes and Reservoirs</p>
22/23	sex.	05/05/2023	<p><b>Entrega Modelagem M</b> Final exam <b>P</b></p>

### Provas

- 5%: 1 relatório de laboratório **L1** (group work, hand-written or printed notes, graphs, results and analysis)
- 35%: 1 relatório de laboratório **L2** (group work, hand-written or printed notes, graphs, results and analysis)
- 40%: 1 relatório de modelagem **M** (individual, professional report, graphs, results and analysis)
- 20%: 1 Prova **P** (prova oral ou escrita)
- Grade  $N = L1 * 0.05 + L2*0.35 + M*0.4 + P*0.2$ 
  - if  $N \geq 7$  approved
  - if  $N < 7$  failed
- For undergraduate students: if  $4 < N < 7 \rightarrow$  final exam NF (oral examination). If  $(NF+N) > 5 \rightarrow$  approved, otherwise failed.
- Attendance: if missing more than 25%  $\rightarrow$  failed

### Referencias e informações adicionais

- Livros texto:
  - Carlos Ruberto Fragoso Júnior; Regina Camara Lins; Tobias Bleninger; “MECÂNICA DOS FLUIDOS PARA ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS”; ABRHidro, ISBN 978-85-8868-646-5
  - Fischer, H.B., E.J List, R.C.Y. Koh, J. Imberger and N.H. Brooks (1979) Mixing in inland and coastal waters, Academic Press, San Diego, CA
  - Bird, R.B., Stewart, W.E., Lightfoot, E.N. Fenômenos de Transporte. Rio de Janeiro, LTC, 2004
  - Incropera, F.P., DeWitt, D.P. Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa, Rio de Janeiro, LTC Editora, 2003
  - Peter G. Baines, Topographic effects in stratified flows, Cambridge University Press, 1998, ISBN 0521629233, Link do título [http://200.17.203.155/index.php?codigo\\_sophia=271893](http://200.17.203.155/index.php?codigo_sophia=271893)
- Software:
  - MatLab (programa computacional, existem licenças acadêmicas). Tutoriais! e Mini-Curso! ou Octave (alternativa grátis parecido com MatLab)
  - Maple (programa matemático, profissional, especialmente para operações simbólicas) ou Maxima (alternativa grátis parecido) ou Wolfram Alpha (online)
  - UltraEdit (editor de texto profissional, pode editar colunas) ou PSPad (editor de texto grátis, pode editar colunas)
  - Microsoft Excel (programa de cálculo em tabelas) ou Calc (programa de cálculo em tabelas grátis, do sistema OpenOffice)
  - Sketchup (Programa para desenho técnico)
  - Delft3D – Modelo 3D hidrodinâmico e de transporte e qualidade de água / *3D Hydrodynamic and transport and water quality modeling suite (open source)*
  - OpenFOAM – The Open Source Computational Fluid Dynamics (CFD) Toolbox (Programa para Mecânica dos Fluidos Computacional) (Curso com informações adicionais)
  - CAELinux – Distribuição de Linux com pré- e pós-processadores e solver para CFD / *Linux distribution including pre- and post-processors and solvers for CFD*
- Materiais adicionais e interativos:
  - Interwave Analyzer
  - Dynamic (density current tracker)
  - Canal no youtube com vídeos matemáticos
  - Ondas internas, Internal Waves (Laboratório virtual, artigo).
  - Notes from Gerhard H. Jirka (stratified flow, jets and plumes)
  - Texas A&M course notes. Veja especialmente o “chapter 8 to 11” que também contém exercícios.
  - Materiais adicionais do KIT (Karlsruhe Institute of Technology, Institute for Hydromechanics) do curso “Environmental Fluid Mechanics II”, em inglês.
  - Filme “Stratified Flow” de R. Long
  - Materiais multimídia da mecânica dos fluidos e hidráulica
  - Conjunto de artigos técnicos (download em formato zip)
    - Bleninger, T. ; Niepelt, Anne ; JIRKA . Desalination plant discharge calculator. Desalination and Water Treatment (Print), v. 13, p. 156-173, 2010
    - Bleninger, T. ; JIRKA . Modelling and environmental sound management of brine discharges from desalination plants. Desalination (Amsterdam), v. 221, p. 585-597, 2008
    - Socolofsky, S. ; BLENINGER, T ; Doneker, R.L. . Jets and Plumes. In: Harindra Joseph Fernando. (Org.). Handbook of Environmental Fluid Dynamics, Volume One: Overview and Fundamentals, Part III Fundamental Flow Phenomena and Turbulence. 1ed.: CRC Press, Taylor and Francis, 2012, v. 1, p. 222-.
    - Jirka, G. H. (2004). Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part I: Single round jet. Environ. Fluid Mech., 4(1), 156.
    - Abessi, O. ; Saeedi, M. ; Bleninger, T. ; Davidson, M. . Surface discharge of negatively buoyant effluent in unstratified stagnant water. J HYDRO-ENVIRON RES, v. 1, p. 1-5, 2012.
  - Jatos e Plumas, Jets and Plumes (course notes do KIT, artigos download em formato zip, artigo do curso).
  - Emissários submarinos e fluviais, Marine and Fluvial Outfalls (notas da apresentação).
  - Calculador para descargas, discharge calculator (link para projeto e calculador)
  - Modelo CORMIX para emissários – CORMIX model for outfalls

- Elaboração de textos (veja guia de orientação)