Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Química
PQI 3409 Laboratório de Operações Unitárias e Reatores
3º quadrimestre de 2021 --- Responsável: Prof. Reinaldo Giudici

Sobre as aulas

As aulas são dadas quinzenalmente às segundas e quintas-feiras. A divisão de turmas e grupos será feita na primeira aula, sendo mantida durante todo o curso. Na primeira semana letiva haverá uma aula expositiva para todos os alunos, para divisão dos grupos e orientações gerais sobre o curso.

Todo aluno deverá realizar, em grupo, obrigatoriamente 5 (cinco) experiências. É obrigatória a leitura dos roteiros antes da experiência. É recomendado que o aluno venha preparado para a aula de laboratório. Esta preparação poderá ser avaliada pelo professor e afetar a nota do aluno e/ou do grupo desta experiência.

Divisão de turmas

A classe será dividida em 4 turmas (A, B, C, D). Cada turma será dividida em grupos de (no máx.) 4 alunos, sendo:

2ª feira:	grupos A1,A2,A3, A4	B1, B2, B3, B4
5ª feira:	grupos C1, C2, C3, C4	D1, D2, D3, D4

Sobre o relatório

O relatório sobre cada experiência deverá ser feito em grupo e entregue ao professor que ministrou a aula num **prazo normal de 7 dias**, podendo ser entregue, a critério do professor ministrante da experiência, no **prazo máximo de 14 dias**. Prazos diferentes deste devem ser previamente combinados com o professor que ministrou a experiência, e atrasos na entrega do relatório poderão ter penalização na nota.

Se não houver instruções em contrário dadas pelo professor, sugere-se o seguinte esquema para a apresentação do relatório:

- (1) folha de rosto, contendo o título da experiência, sigla e nome do curso, nome do professor que acompanhou a experiência, data da realização da experiência, data de entrega do relatório, nome dos alunos do grupo; e resumo (sumário breve, tipicamente um ou dois parágrafos, resumindo o que foi feito, os principais resultados obtidos, as principais conclusões e recomendações);
- (2) introdução, posicionando o problema e os objetivos (breve, com 1 ou 2 parágrafos);
- (3) descrição do equipamento (incluir esquemas) e do procedimento experimental;
- (4) roteiro do tratamento de dados, incluindo equações, modelos e fundamentos teóricos (a parte teórica deve ser curta e objetiva, ou mesmo facultativa; neste caso apresenta-se a teoria na medida em que ela vai sendo usada no relatório);
- (5) apresentação dos dados experimentais;
- (6) tratamento de dados e resultados, com as equações usadas para o tratamento e os valores das constantes e propriedades físicas utilizadas;
- (7) discussão dos resultados (este é o item mais importante do relatório), incluindo comparação com dados de literatura e/ou teóricos, correlações, conclusões e recomendações;
- (10) apêndices, contendo tabelas e cálculos intermediários, memorial de cálculo, e a resposta da questão específica, ou outra tarefa proposta em aula pelo professor;
- (11) referências bibliográficas (citar corretamente as fontes consultadas, as quais devem estar *referenciadas*, isto é, citadas explicitamente no texto do relatório).

Para maiores detalhes sobre a elaboração do relatório, apresentação de gráficos e tabelas, etc. , recomenda-se a leitura do artigo de R.R Hudgins ("Tips on teaching report writing", *Chem.Eng.Educ.*, Summer 1987, pp. 130-132), e do texto "Sugestões para a elaboração do relatório", na apostila.

Critério de aprovação

$M = (2P + L)/3 \geq 5,0$, com as necessárias adaptações para a disciplina, a saber:

$P =$ média geométrica das 5 notas P_j , $P = (P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 P_6)^{1/6}$

$P_j = (R_j D_j H_j)$ $R_j =$ nota do relatório, em grupo (0 a 10);

$D_j =$ fator de desempenho e de preparação para a aula, individual (0 a 1);

$H_j =$ fator de pontualidade e desempenho em aula, individual (0 a 1).

$L =$ nota da avaliação individual, que deve ser maior ou igual a 4,0 (quatro)*

*Porém se $L < 4,0$ então $P = L$, logo $M = L$ (reprovado).

Em resumo, $M = \begin{cases} (2P+L)/3 & \text{se } L \geq 4,0 \text{ e } P \neq 0 \\ L & \text{se } L < 4,0 \text{ e } P \neq 0 \\ P & \text{se } P = 0 \end{cases}$

Programação das experiências

	Experiência	Docentes (+ auxiliares PAE)
E1	Experiência Aberta (prazo final para aprovação do roteiro)	Reinaldo
E2	Reator de Batelada Não-Isotérmico	Reinaldo
E3	Secagem e Fluidização	Claudio
E4	Redes de Tubulações	Song
E5	Dessorção de Amônia	Antonio Carlos
E6	Experiência Aberta (prazo final para entrega do relatório)	Reinaldo

Calendário da disciplina PQI 3409 Laboratório de Fundamentos de Engenharia Química 3º quadrimestre de 2021

		segunda-feira					quinta-feira						
	E1	E2	E3	E4	E5	E6		E1	E2	E3	E4	E5	E6
30/08	divisão grupos e apresentação do curso						02/09	divisão grupos e apresentação do curso					
06/09	RECESSO (não há aula)						09/09	Distribuição de exp. aberta (todos os grupos)					
13/09		A1	A2	A3	A4		16/09		C1	C2	C3	C4	
20/09	aprov.roteiro	B1	B2	B3	B4		23/09	aprov.roteiro	D1	D2	D3	D4	
27/09	aprov.roteiro	A2	A3	A4	A1		30/09	aprov.roteiro	C2	C3	C4	C1	
04/10		B2	B3	B4	B1		07/10		D2	D3	D4	D1	
11/10	Recesso (não há aula)						14/10		C3	C4	C1	C2	
18/10		A3	A4	A1	A2		21/10		D3	D4	D1	D2	
25/10		B3	B4	B1	B2	entrega relat.	28/10		C4	C1	C2	C3	entrega relat.
01/11	Recesso (não há aula)						04/11		D4	D1	D2	D3	entrega relat.
08/11		A4	A1	A2	A3	entrega relat.	11/11						
15/11	Recesso (não há aula)						18/11						
22/11		B4	B1	B2	B3		25/11						
29/11	Apresentação da exp. aberta (A1,A2,A3,A4,B1,B2,B3,B4)						02/12	Apresentação da exp. aberta (C1,C2,C3,C4,D1,D2,D3,D4)					
06/12							09/12	quinta, 09/12, PROVA (para todos os alunos) ⁽¹⁾					
13/12													
20/12	Prova Recuperação												

Obs.: (1) Haverá uma única prova para todos os alunos (e não haverá prova substitutiva).

Divisão de grupos - PQI 3409 - 3º quadrimestre de 2021

2ª feira	exp. aberta	5ª feira	exp. aberta
A1 Joao Gabriel de Melo Carneiro Thais Gomes Pilotto Lucas Gobatto Bisaió Laura Bele Tenorio Silva	René <i>Mudanças de pH e reologia na fabricação de iogurte</i>	C1 Ana Clara Duarte Bruno Henrique Gomes dos Reis Gabriel Longo Lopes Pedro Henrique dos Santos Souza	Ardson <i>Problema aberto com kit CDIO-1</i>
A2 Ariane Sutecas da Costa Ana Cláudia de Freitas Cardoso Ana Maria de Oliveira Yamakami Pedro Peruch Loureiro	Reinaldo <i>Medição de difusividade</i>	C2 Jaqueline de Lima Costa Guilherme Rampazzo Mele Luiz Henrique Moura de Amorim Pedro Henrique Callil Soares	Reinaldo <i>Cinética de entumescimento de hidrogel</i>
A3 Andre Ferreira Simoes de Souza Giovani Vicentim Alves Beatriz Lara Diego dos Reis Fusari Lucas Jose Martins de Lara	Aldo <i>Cinética de fermentação alcoólica</i>	C3 Daiane Carolina Alves dos Santos Leandro Issamu Nagamati Wallas Moreira da Silva Abner Luiz da Silva	Reinaldo <i>Cinética de escurecimento de alimento</i>
A4 Caio Laurino Gomes Caio Prado Avancini Felipe Pimentel Silva Thales Estanislau Carvalho	Antonio Carlos <i>Medição de cp de sólidos</i>	C4 Felipe Sousa Vieira Joao Pedro Teuber Carvalho Pedro Goncalves de Oliveira Amanda de Sousa Martins	Song <i>Secagem em forno de microondas</i>
B1 Artur Augusto de Arruda Rheinboldt Fernando Guimaraes Pinto de Araujo Gustavo Pereira Leme Vinicius Henrique Pires Costa	Pedro <i>Sistema NaCl+água +etanol</i>	D1 Joao Guilherme Vidal Moraes Tibau Joao Henrique de Lima Noronha Gustavo Vieira Schick Mariana Barbosa Tavares	Paiva <i>Secagem em geometria de placa plana</i>
B2	Pedro <i>Máquina térmica</i>	D2 Beatriz Braulio Franzosi Vivian Namie Onishi Andre Henrique dos Santos Willian Ferreira de Souza	Ardson <i>Problema aberto com kit CDIO-2</i>
B3	Reinaldo	D3	Song <i>Cinética de crescimento de cristal</i>
B4	Reinaldo	D4	Reinaldo

OBS. Número máximo de alunos por grupo = 4

Alunos que ainda não formaram grupo de até 4 alunos

(segunda-feira) Caroline Tortorelli Clara Coelho Cavalcanti Pedro Vinicius Forato Cavalcanti Raphael Nazzini Bombo Renan dos Reis Hernandes Debora Tiemi Takeshita Paula Lobo de Camargo Pereira Amanda Garcia Leal	(quinta-feira) Felipe Aurelio Agua Carlos Henrique Campos Gabriela Aguirre Goncalves Roberta Costa Rosas Alexandre Nikolas Goncalves Trindade Fontes
---	---

Temas da experiência aberta 2021

Grupo A1 – Prof. René – Modificações reológicas e de pH durante a fabricação de iogurte

Acompanhar as modificações de propriedades reológicas durante a fabricação de iogurte, inclusive montar um pHmetro natural para medir as alterações do pH durante a fermentação. O leite começa líquido e após a fermentação láctica reduzir o pH abaixo do pI da caseína ocorre a precipitação dos sólidos, ou seja, a consistência muda progressivamente da líquida para firme. O trabalho dos alunos seria montar o medidor de pH para acompanhar a alteração deste parâmetro bem como inventar uma maneira de medir e quantificar as alterações de viscosidade conforme a fermentação avança.

<https://www.ecycle.com.br/medidor-de-ph/>

<https://www.youtube.com/watch?v=Op1yFX2BsFU> (há uma infinidade de receitas de iogurte caseiro na internet).

Grupo A2 – Prof. Reinaldo – Desenvolver um método para medição de difusividade em meio líquido (ou gel)

O grupo deve propor uma metodologia para medir difusividade de um componente em meio líquido (sugestão água) ou em meio gel (melhor, pois evita o movimento convectivo).

Grupo A3 – Prof. Aldo - Monitoramento de fermentação alcoólica por perda de massa e liberação de CO₂

No cultivo de leveduras, produzindo álcool, há perda de massa do sistema pela liberação de CO₂ (processo anaeróbico). Como será visto nas aulas de PQI-3410, o processo se desenvolve com cinética própria. O objetivo desta experiência é planejar e realizar experimentos com monitoramento apenas pela massa perdida e volume de CO₂ liberado, sem medida de concentração de células, substrato ou produto, investigando a cinética do cultivo. Será necessário o empréstimo de uma balança de boa precisão pelo Departamento para um aluno, com responsabilização pelo aluno do equipamento.

Grupo A4 – Prof. Antonio Carlos – Medição de calor específico de sólidos

O grupo deve desenvolver um experimento para medir cp de sólidos e testar se a medição é confiável (validar o método) usando sólidos de cp conhecidos.

Grupo B1 – Prof. Pedro – Estudo do sistema NaCl-água-álcool

Com a pandemia do COVID-19, a venda de álcool 70% foi liberada para a população em geral. A proposta é: determine a solubilidade do NaCl em água e em misturas de álcool e água com concentração inferior ao álcool 70%.

Grupo B2 – Prof. Pedro – Construção e teste de uma máquina térmica

Utilizando-se de materiais ordinários (isto é, que não façam parte de um kit comercial com esse propósito), o grupo deve criar uma máquina térmica que consiga aproveitar o calor fornecido por uma chama (p. ex., de uma vela) para erguer uma pequena massa do chão à altura de uma mesa. Estimar a eficiência da máquina térmica da melhor maneira possível.

Grupo C1 – Prof. Ardson – Uso do kit CDIO 01

O grupo deve criar, projetar, realizar e operar uma experiência em engenharia química, tendo como base um kit de engenharia química (já comprado e que será fornecido, por empréstimo, ao grupo). Sabendo dos medidores presentes no kit, o grupo deverá propor uma experiência dentro do contexto de engenharia química. Seguindo a filosofia CDIO (conceiving, designing, implementation, operating), o experimento deve ser montado e operado. Obviamente, os resultados deverão ser discutidos usando os fundamentos.

Grupo C2 – Prof. Reinaldo – Cinética de entumescimento de hidrogel

Hidrogéis são polímeros hidrofílicos, insolúveis, mas que em contato com água, absorvem o líquido nos vazios de sua estrutura macromolecular reticulada e com isso incham (aumentam de volume). O grupo deve desenvolver e executar um experimento para medir a cinética de inchamento (ou intumescimento) de um polímero hidrogel. ou seja deve medir a quantidade de água absorvida em função do tempo,

Grupo C3 – Prof. Reinaldo – Cinética de escurecimento de alimentos

Muitos alimentos (p.ex., frutas), depois de abertos, sofrem um processo de escurecimento. O grupo deve propor e executar um experimento para medir a cinética deste processo (ou seja, o “grau de escurecimento” ou “intensidade de alteração da cor” em função do tempo).

Grupo C4 – Prof. Song – Secagem em forno de microondas

O grupo deve propor e executar um experimento de secagem de batata esférica perfeita em forno de microondas caseiro. Será necessário o empréstimo de uma balança de boa precisão pelo Departamento para um aluno, com responsabilização pelo aluno do equipamento. Deve ser medida a umidade inicial e final em fatias esféricas (slices), e como não dá para medir temperatura nem a penetração de ondas, seria um modelo inverso: medir a secagem para estimar perfil de temperatura.

Grupo D1 – Prof. Paiva – secagem de uma esponja úmida em ar ambiente

O problema envolve processo de transferência de calor e massa e requer aparato simples, como balança de cozinha, ventilador e termômetro. O grupo deve desenvolver e executar o experimento.

Grupo D2 – Prof. Ardson – Uso do kit CDIO 02

O grupo deve criar, projetar, realizar e operar uma experiência em engenharia química, tendo como base o kit de engenharia química (já comprado e que será fornecido, por empréstimo, ao grupo). Sabendo dos medidores presentes no kit, o grupo deverá propor uma experiência dentro do contexto de engenharia química. Seguindo a filosofia CDIO (conceiving, designing, implementation, operating), o experimento deve ser montado e operado. Obviamente, os resultados deverão ser discutidos e interpretados usando os fundamentos.

Grupo D3 – Prof. Song – Cinética de crescimento de cristais

O grupo deve propor e executar um experimento para medir a cinética de crescimento de cristal durante cristalização (p.ex., de açúcar).