

Biofísica

&

Volume 2: Trocas entre
a célula e o meio

Citologia

Marina Honorato Cardoso
Renato Massaharu Hassunuma
Patrícia Carvalho Garcia
Sandra Heloísa Nunes Messias

canal6 editora

© Renato Massaharu Hassunuma.

Conselho Editorial:

BIOMÉDICA DANIELA PEREIRA CATANZARO

Mestre em Ciências, área de concentração: Biologia Oral pela Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB) - Universidade de São Paulo (USP)

BIOMÉDICA KELLY COLUSSI PINHEIRO PRECIPITO

Especialista em Reprodução Humana Assistida pela Associação Instituto Sapientiae

Capa e Design:

Renato Massaharu Hassunuma.

Crédito da figura da capa:

Marshall T. Close-up-sea-tawharanui. File:Close-up-sea-tawharanui (Unsplash).jpg. 2016 [acesso em: 2018 dez 10]. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Close-up-sea-tawharanui_\(Unsplash\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Close-up-sea-tawharanui_(Unsplash).jpg). (Figura registrada no site como imagem de domínio público, disponível para uso gratuito pessoal e profissional).

Figuras do livro desenvolvidas por:

Renato Massaharu Hassunuma e Marina Honorato Cardoso.

CIP – Brasil. Catalogação na Publicação

C2683b

Biofísica & Citologia - Volume 2: Trocas entre a célula e o meio. / Marina Honorato Cardoso, Renato Massaharu Hassunuma, Patrícia Carvalho Garcia, Sandra Heloísa Nunes Messias. – Bauru. Canal 6, 2019.

26 f. : il. color

ISBN.978-85-7917-539-8

1. Biofísica. 2. Biologia Celular. 3. Membrana celular. I. Cardoso, Marina Honorato, II. Hassunuma, Renato Massaharu. III. Garcia, Patrícia Carvalho. IV. Messias, Sandra Heloísa Nunes. V. Título

CDU: 576:577

Biofísica

& Volume 2: Trocas entre a célula e o meio

Citologia

Marina Honorato Cardoso

Aluna do Curso de Biomedicina
Universidade Paulista - UNIP
Campus Bauru

Renato Massaharu Hassunuma

Professor Titular do Curso de Biomedicina
Universidade Paulista – UNIP
Campus Bauru

Patrícia Carvalho Garcia

Coordenadora do Curso de Biomedicina
Universidade Paulista – UNIP
Campus Bauru

Sandra Heloísa Nunes Messias

Coordenadora Geral do Curso de Biomedicina
Universidade Paulista – UNIP

1ª. Edição / 2019
Bauru, SP

Agradecimentos

Nossos sinceros agradecimentos ao **Prof. Aziz Kalaf Filho**, Diretor da Universidade Paulista - UNIP, campus Bauru e **Prof. Dr. Paschoal Laércio Armonia**, Diretor do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Paulista - UNIP, pelo apoio fornecido ao **Curso de Biomedicina da Universidade Paulista - UNIP, campus Bauru** no desenvolvimento de eventos, publicações e projetos de extensão.

Marina Honorato Cardoso
Prof. Dr. Renato Massaharu Hassunuma
Profa. Dra. Patrícia Carvalho Garcia
Profa. Dra. Sandra Heloísa Nunes Messias

Sumário

Parte 1: Transporte através da membrana	06
1. Transporte através da membrana	07
2. Osmose	09
3. Difusão	10
4. Difusão facilitada	11
5. Uniporte	12
6. Transporte ativo primário	13
7. Transporte ativo secundário	14
7.1. Simporte	15
7.2. Antiporte	16
Parte 2: Transporte em quantidade	17
8. Transporte em quantidade	18
9. Exocitose	19
10. Endocitose	20
10.1. Fagocitose	21
10.2 Pinocitose não seletiva	22
10.3 Pinocitose seletiva	23
Referências	24

Biofísica

&

Volume 2: Trocas entre
a célula e o meio

Citologia

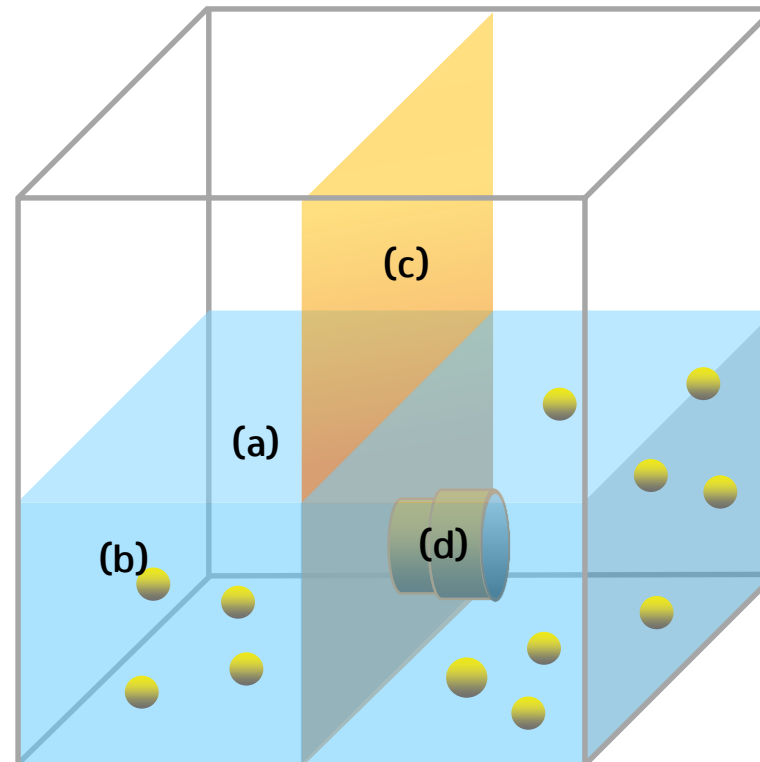
Parte 1

Transporte através da membrana

1. Transporte através da membrana

Neste tipo de transporte ocorre a passagem de íons e moléculas pequenas que atravessam a membrana plasmática. Moléculas pequenas apolares e gases podem atravessar diretamente a membrana plasmática. Outras moléculas maiores e íons necessitam de processos específicos para conseguir atravessá-la (Junqueira, Carneiro, Abrahamsohn, 2017).

Para explicar os transportes através da membrana, será utilizada uma representação de um sistema fechado separado por uma membrana. Para cada um dos esquemas utilizaremos as seguintes representações: (a) solvente (substância que promove a dissolução), (b) soluto (substância que sofre a dissolução do solvente), (c) membrana semipermeável e (d) proteína de membrana (Mourão Júnior, Abramov, 2018; Nelson, Cox, 2014).

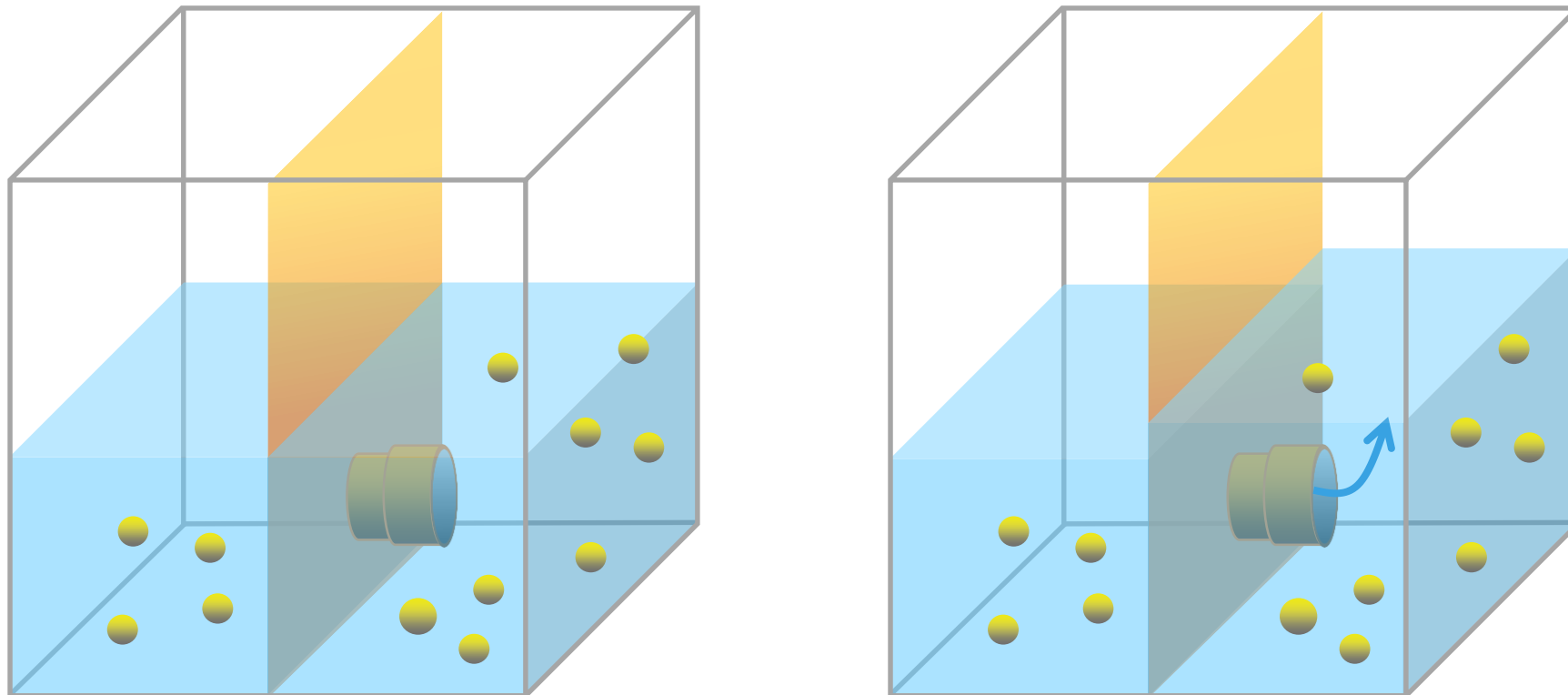


As proteínas de membrana podem ser de diferentes naturezas:

- 1) **proteína canal:** corresponde a uma proteína transmembrana que possui um espaço aquoso em toda sua extensão (canal aquoso), permitindo o livre movimento de água, íons e moléculas por meio de difusão simples (Hall, 2011);
- 2) **permease:** corresponde a uma proteína transmembrana que participa no processo de difusão facilitada, ou seja, a favor do gradiente de concentração. Atua principalmente no transporte de aminoácidos e carboidratos, facilitando a passagem de certas substâncias que, por difusão simples, demorariam muito tempo para atravessar a membrana (Permease, 2018);
- 3) **proteína transportadora ou carreadoras:** corresponde a proteína transmembrana que sofre alteração em sua conformação ao se ligar a íons e moléculas (Hall, 2011).

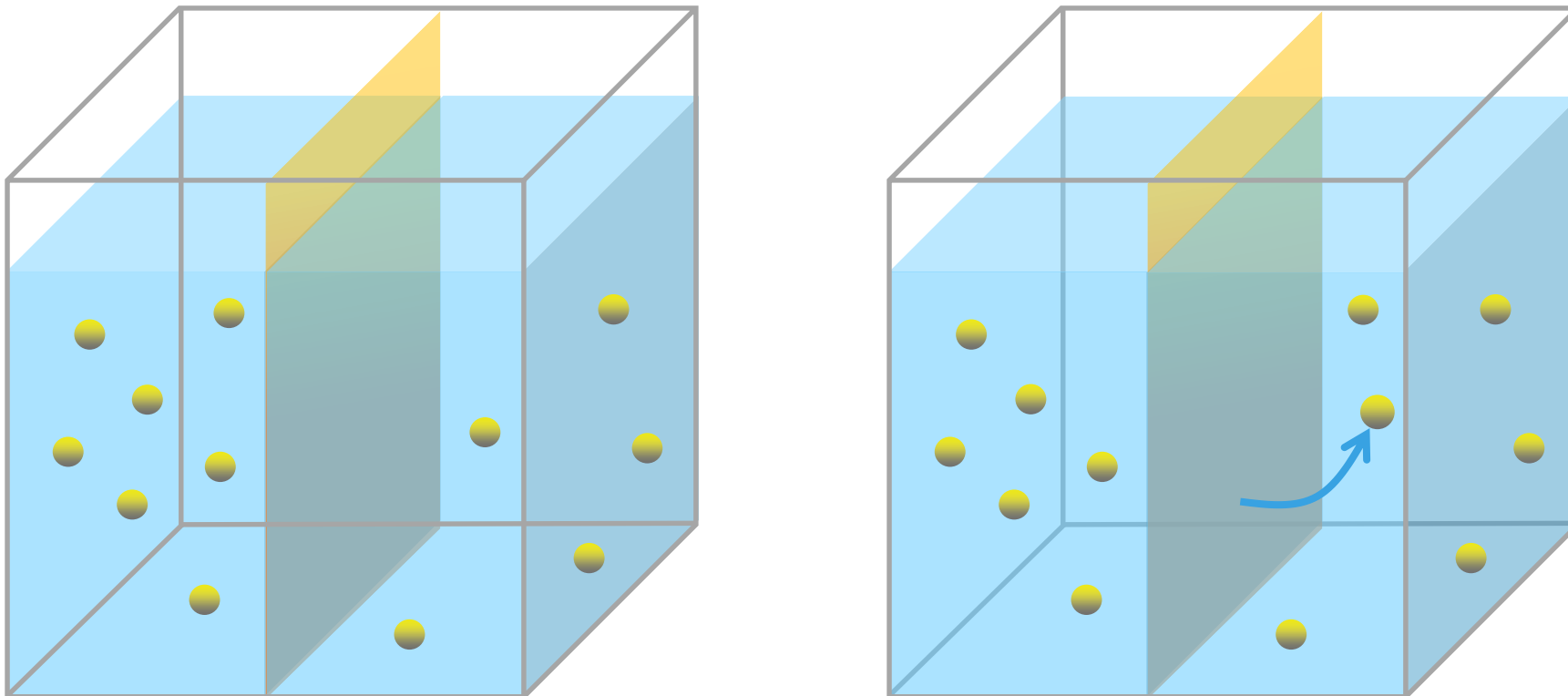
2. Osmose

Na osmose ocorre a passagem de solvente através de uma membrana de permeabilidade seletiva de uma região de menor concentração de soluto para outra de maior concentração (Duran, 2011; Oliveira, Wachter, Azambuja, Nunes, Pires, 2004). Um exemplo ocorre no caso da entrada de água em células através da membrana plasmática. Além da difusão direta através da bicamada lipídica, os canais de água ou aquaporinas permitem um movimento mais rápido de água (Alberts, Johnson, Lewis, Morgan, Raff, Roberts et al., 2017a; Nelson, Cox, 2014).



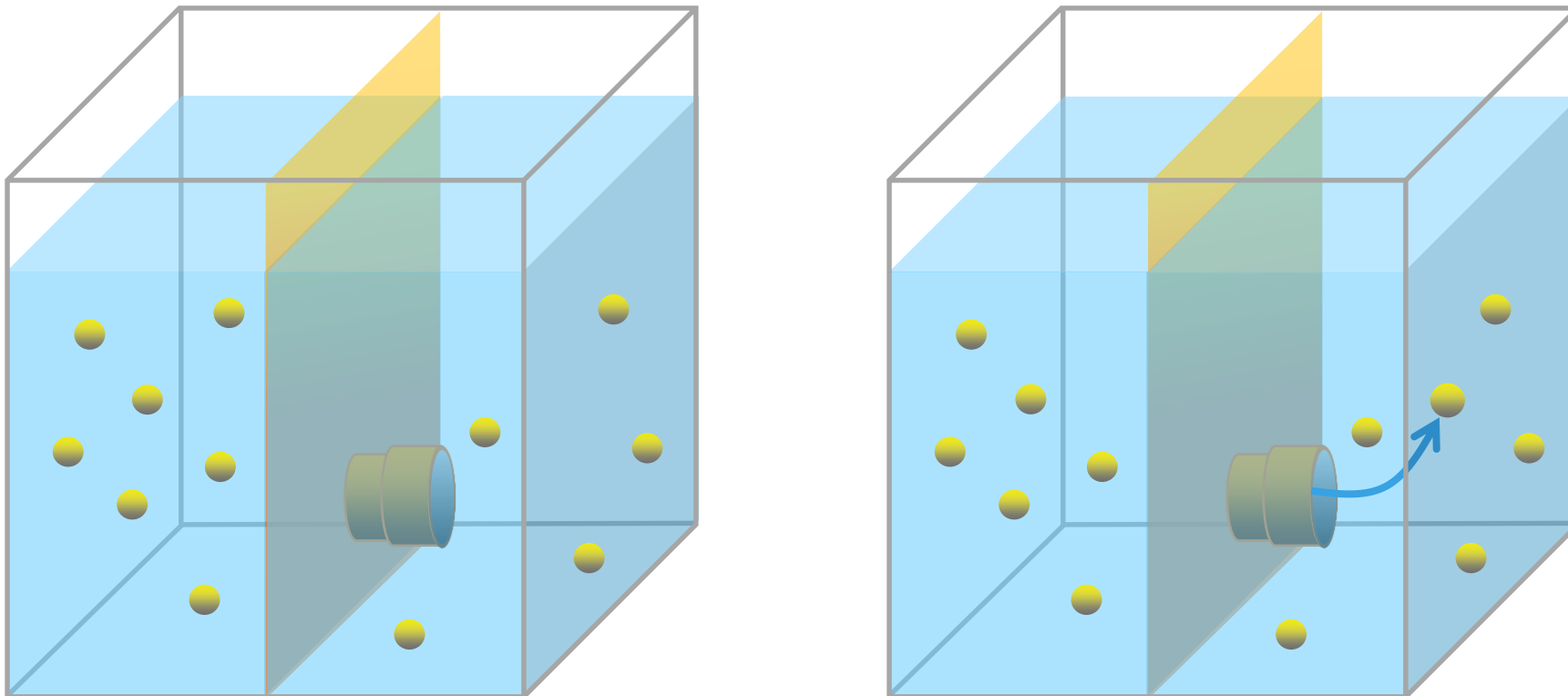
3. Difusão

Neste processo, o soluto atravessa a membrana semipermeável, havendo a passagem do mesmo do meio mais concentrado para o meio menos concentrado, ou seja, a favor de um gradiente de concentração (Duran, 2011; Junqueira, Carneiro, 2012; Nelson, Cox, 2014). Ocorre sem gasto de energia, pois trata-se de um processo físico derivado da agitação térmica das moléculas do soluto (Junqueira, Carneiro, 2012; Mourão Júnior, Abramov, 2018). A passagem de partículas ocorre através de poros nas membranas, espaços intermoleculares, solubilidade da membrana ou por proteínas canais (Hall, 2011; Oliveira, Wachter, Azambuja, Nunes, Pires, 2004). Ocorre no transporte de gases como O_2 , CO_2 , N_2 e hormônios esteroides (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts, Watson, 2017a; Taga, 2015) e íons Na^+ , K^+ e Ca^{++} (Hall, 2011).



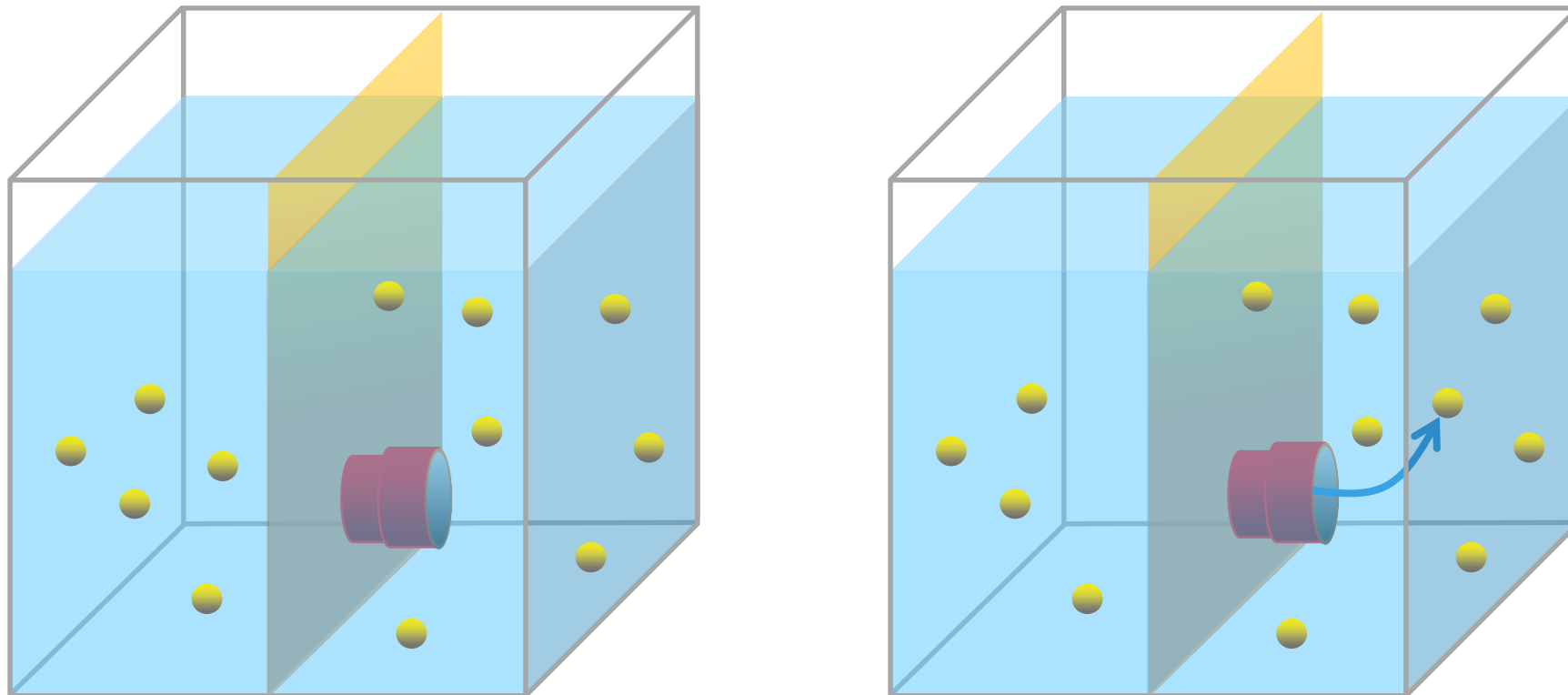
4. Difusão Facilitada

Assim como na difusão simples, nesse processo ocorre a movimentação de soluto do meio mais concentrado para o menos concentrado até que seja atingido um equilíbrio na concentração dos dois meios. Entretanto, a passagem do soluto depende da presença de uma permease. Devido a este fato, a velocidade do fluxo da difusão apresenta um limite, pois quando todas as proteínas estão ocupadas, a velocidade com que a difusão ocorre não pode aumentar (Junqueira, Carneiro, 2012). Portanto, a velocidade da difusão facilitada não é diretamente proporcional à concentração do soluto (Oliveira, Wachter, Azambuja, Nunes, Pires, 2004). Este tipo de transporte ocorre, por exemplo, no transporte de glicose e aminoácidos (Hall, 2011; Junqueira, Carneiro, 2012; Nelson, Cox, 2014).



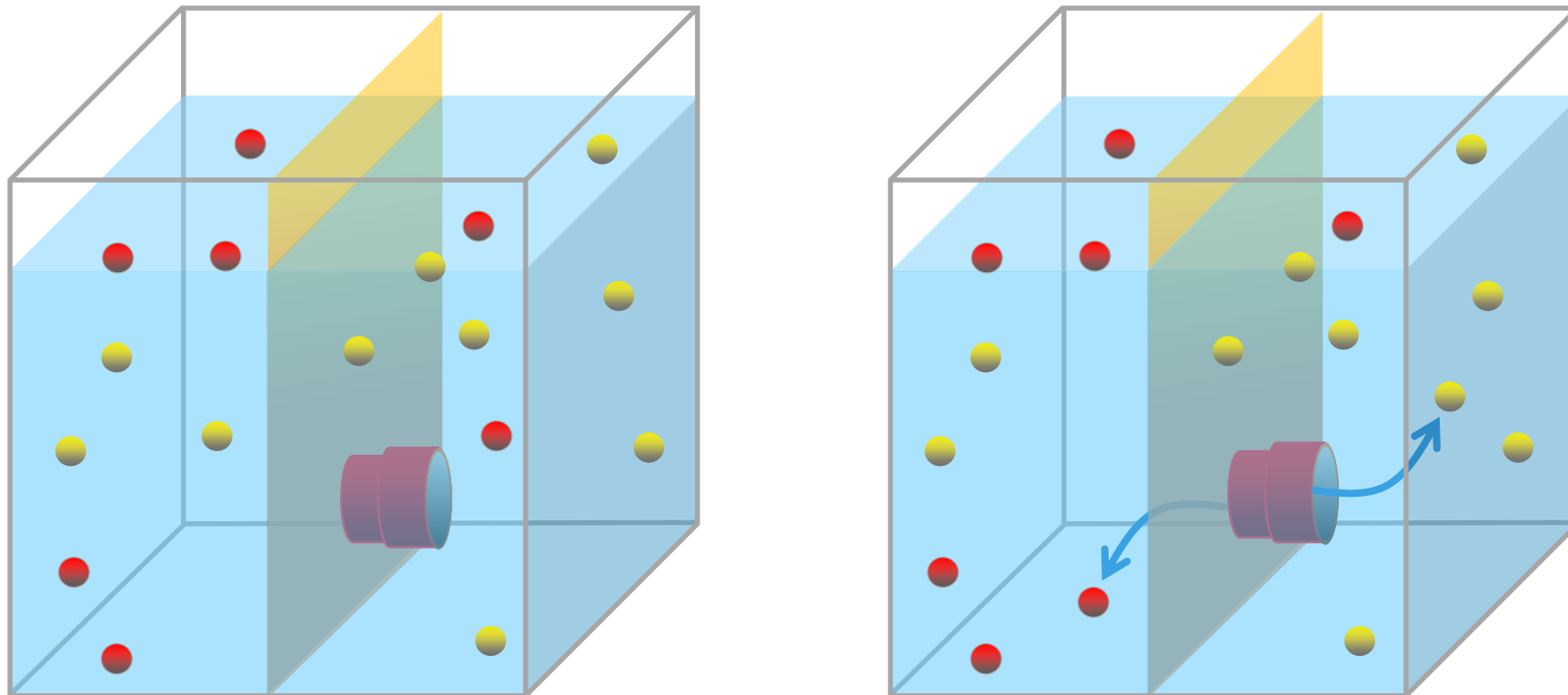
5. Uniporte

O uniporte corresponde a um tipo de transporte ativo onde ocorre a passagem de um único tipo de soluto contra um gradiente de concentração (Junqueira, Carneiro, 2012). O processo é mediado por proteínas transportadoras ou canais (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts, Watson, 2017a; Coimbra, 2015). Como exemplo, podemos citar o transportador de aminoácidos catiônicos (Wolfersberger, 1994), bomba de cálcio, transporte de hidrogênio (Hall, 2011).



6. Transporte ativo primário

Os transportes ativos podem também ser classificados de acordo com a fonte de energia utilizada durante o processo. No transporte ativo primário, a energia utilizada neste processo é derivada diretamente do ATP ou outros compostos de fosfato com alta energia. Ocorre por exemplo na bomba de sódio e potássio, transporte ativo primário dos íons cálcio (bomba de cálcio), transporte ativo primário dos íons hidrogênio (Hall, 2011). Este tipo de transporte estabelece uma diferença de concentrações de íons importante para manutenção do transporte ativo secundário, que será descrito no capítulo 7.



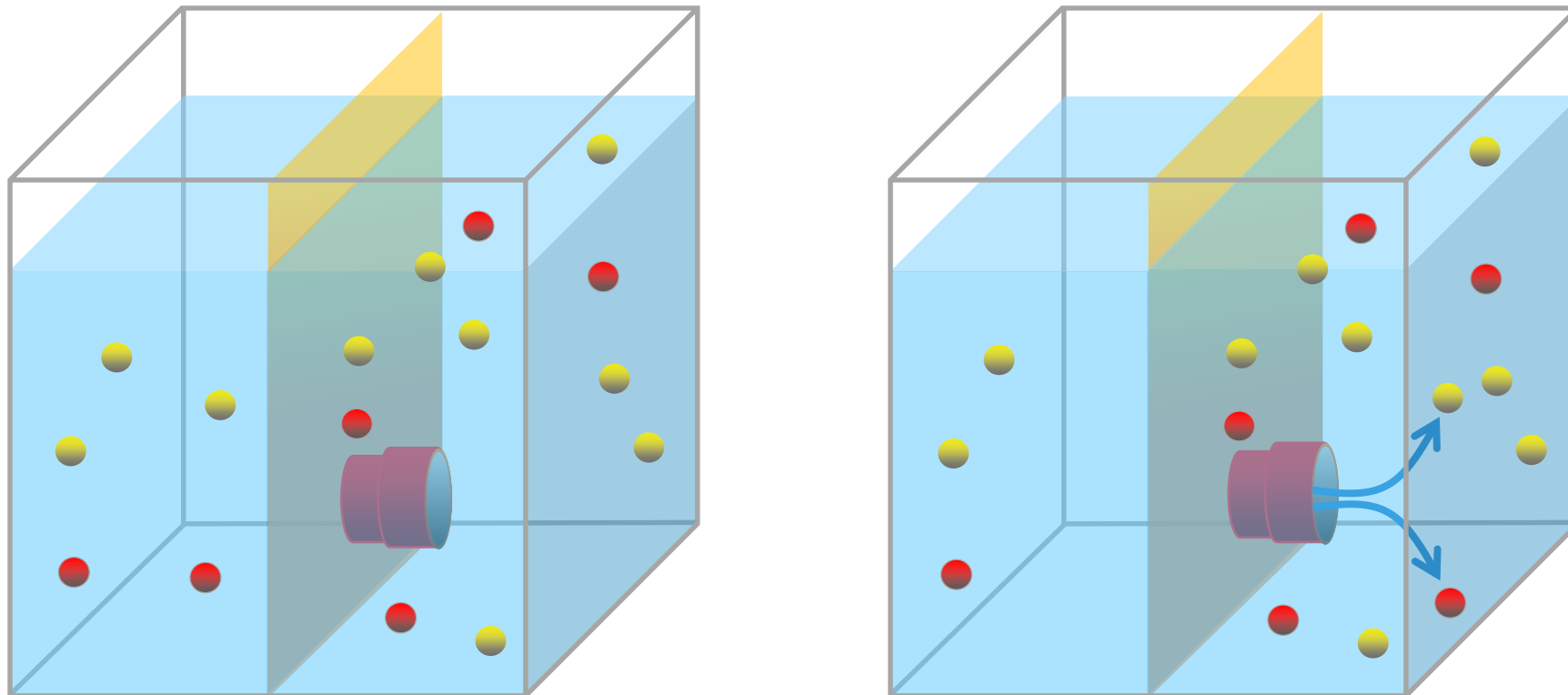
7. Transporte ativo secundário

Também é conhecido como transporte impulsionado por gradientes iônicos (Junqueira, Carneiro, 2012). Neste processo parte da energia utilizada deriva secundariamente da energia armazenada na forma de diferentes concentrações iônicas, estabelecidas pelo transporte ativo primário (Hall, 2011). Assim sendo, a célula utiliza a energia potencial de gradientes de íons, geralmente Na^+ , mas também K^+ e H^+ , para realizar o transporte de íons e moléculas através da membrana (Junqueira, Carneiro, 2012).

Existem dois tipos de transporte secundário: simporte ou cotransporte e antiporte ou contratransporte, que serão descritos nos capítulos 7.1. e 7.2., respectivamente (Hall, 2011).

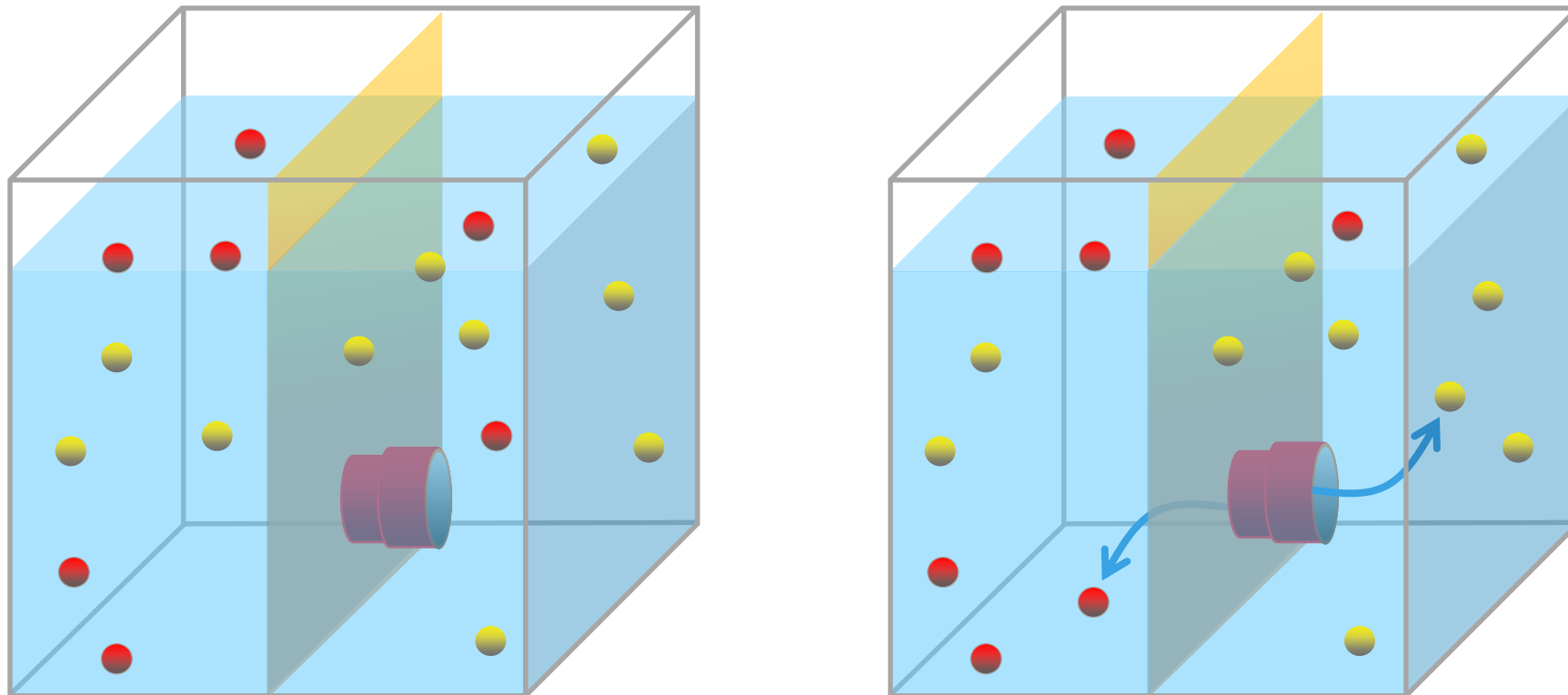
7.1. Simporte ou Cotransporte

O simporte corresponde a um tipo de transporte ativo secundário onde há transferência simultânea ou sequencial de dois solutos diferentes na mesma direção contra um gradiente de concentração (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts, Watson, 2017a; Coimbra, 2015; Hall, 2011; Junqueira, Carneiro, 2012). O processo é mediado por proteínas transportadoras ou carreadoras. Como exemplo, podemos citar a bomba de glicose e sódio (Hall, 2011; Junqueira, Carneiro, 2012; Voet, Voet, 2013; Wolfersberger, 1994), bomba de aminoácidos e sódio (Hall, 2011) e trocador de cloreto bicarbonato (Nelson, Cox, 2014).



7.2. Antiporte ou Contratransporte

O antiporte é definido como um tipo de transporte ativo secundário onde há transferência simultânea ou sequencial de dois solutos de diferentes naturezas em direções opostas contra um gradiente de concentração (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts, Watson, 2017a; Coimbra, 2015; Hall, 2011; Junqueira, Carneiro, 2012). O processo também é mediado por proteínas transportadoras. Como exemplo, podemos citar o contratransporte de sódio-cálcio e contratransporte de sódio-hidrogênio (Hall, 2011).



Biofísica

&

Volume 2: Trocas entre
a célula e o meio

Citologia

Parte 2

Transporte em quantidade

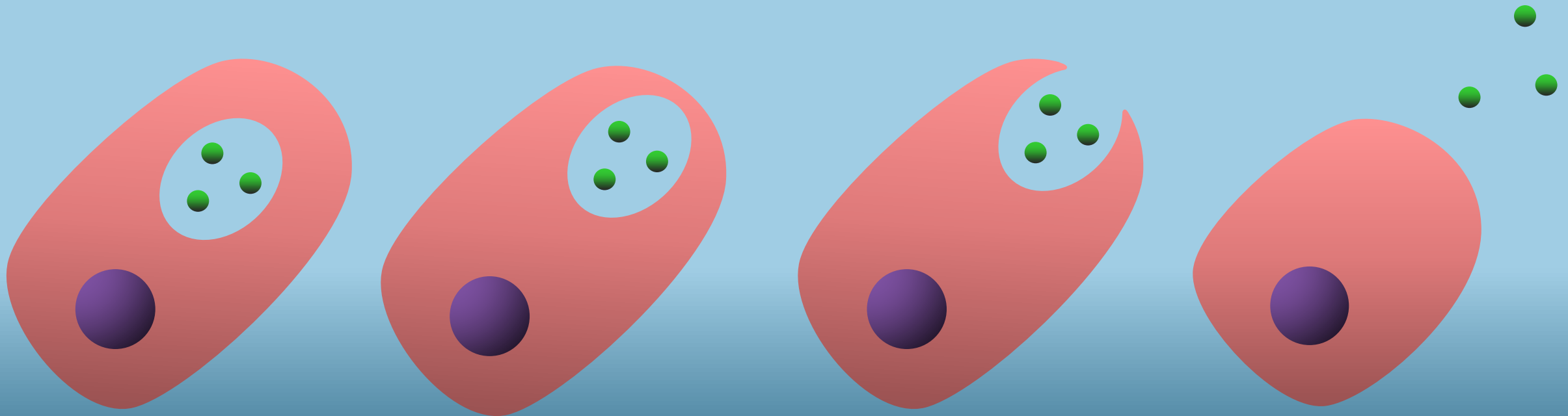
8. Transporte em quantidade

Nos processos descritos nos capítulos anteriores, ocorria o transporte de íons e moléculas através da membrana plasmática. Porém, as células também são capazes de transportar para o meio externo ou interno grupos de macromoléculas, inclusive trazer para o seu interior elementos externos como microrganismos (Junqueira, Carneiro, 2012).

Os transportes em quantidade podem ser de dois tipos diferentes: exocitose e endocitose (Junqueira, Carneiro, Abrahamsohn, 2017).

9. Exocitose

Neste processo ocorre a fusão de vesículas citoplasmáticas (como vesículas de transporte e grânulos de secreção) com a membrana plasmática. Com isso, o conteúdo presente no interior das vesículas é eliminado no meio extracelular. A unidade de membrana da vesícula passa a fazer parte da membrana plasmática da célula (Junqueira, Carneiro, Abrahamsohn, 2017), por isso, este processo também é utilizado para o transporte de carboidratos, lipídeos e proteínas para a membrana plasmática (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts, Watson, 2017b).

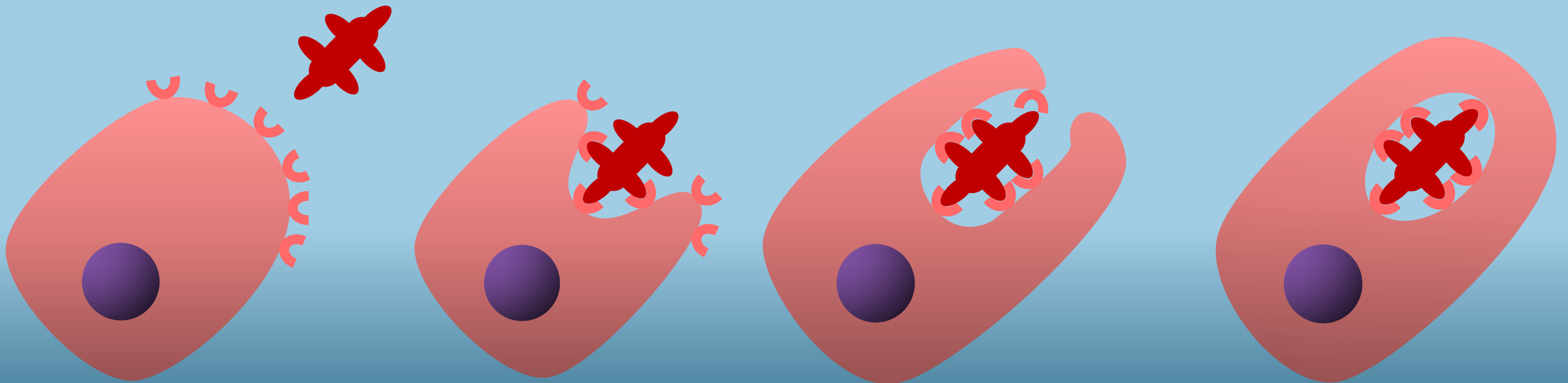


10. Endocitose

Neste processo ocorre um processo inverso ao observado na exocitose. Neste caso, elementos presentes no meio extracelular são trazidos para o interior da célula por meio de vesículas denominadas endossomos. A unidade de membrana da vesícula tem origem da própria membrana plasmática (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts, Watson, 2017b; Junqueira, Carneiro, Abrahamsohn, 2017), por isso, este processo também é utilizado para a remoção de componentes da membrana plasmática (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts, Watson, 2017b). A endocitose pode ocorrer por meio dos processos de fagocitose, pinocitose não seletiva e pinocitose seletiva (Junqueira, Carneiro, Abrahamsohn, 2017)

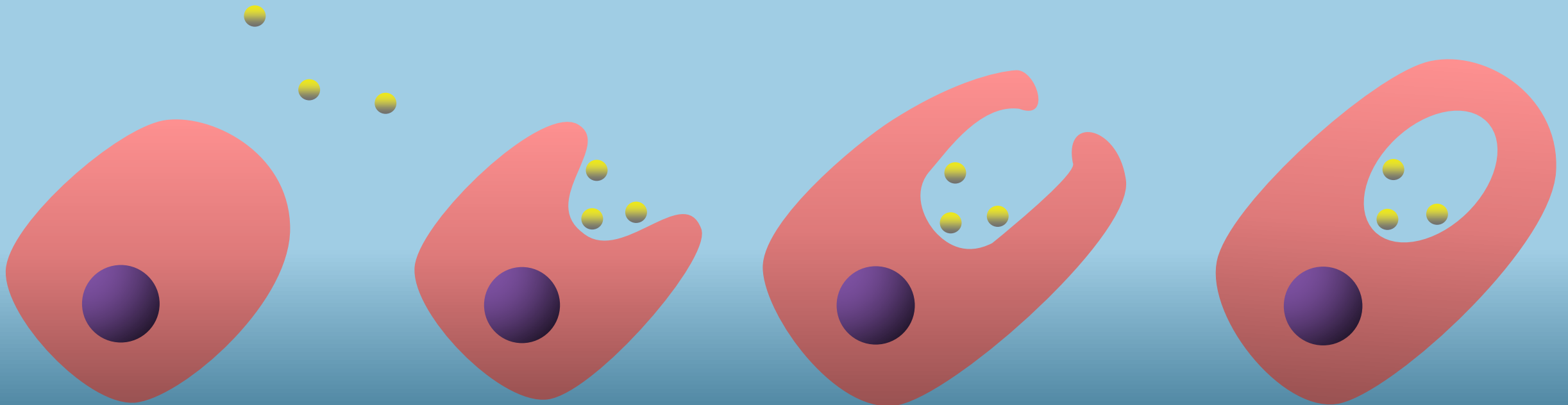
10.1. Fagocitose

Corresponde a um mecanismo de endocitose onde ocorre o englobamento de componentes sólidos do meio extracelular por meio de projeções citoplasmáticas denominadas pseudópodes. O material é trazido para o interior da célula (Nelson, Cox, 2014) e fica alojada no interior de uma vesícula denominada fagossomo (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts, Watson, 2017b; Junqueira, Carneiro, Abrahamsohn, 2017). Este processo é mediado por receptores específicos (Junqueira, Carneiro, 2012) e ocorre por exemplo em células de defesa do organismo, como neutrófilos e macrófagos (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts, Watson, 2017b; Duran, 2011; Junqueira, Carneiro, 2012; Nelson, Cox, 2014) e em protozoários como forma de alimentação (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts, Watson, 2017b; Junqueira, Carneiro, 2012).



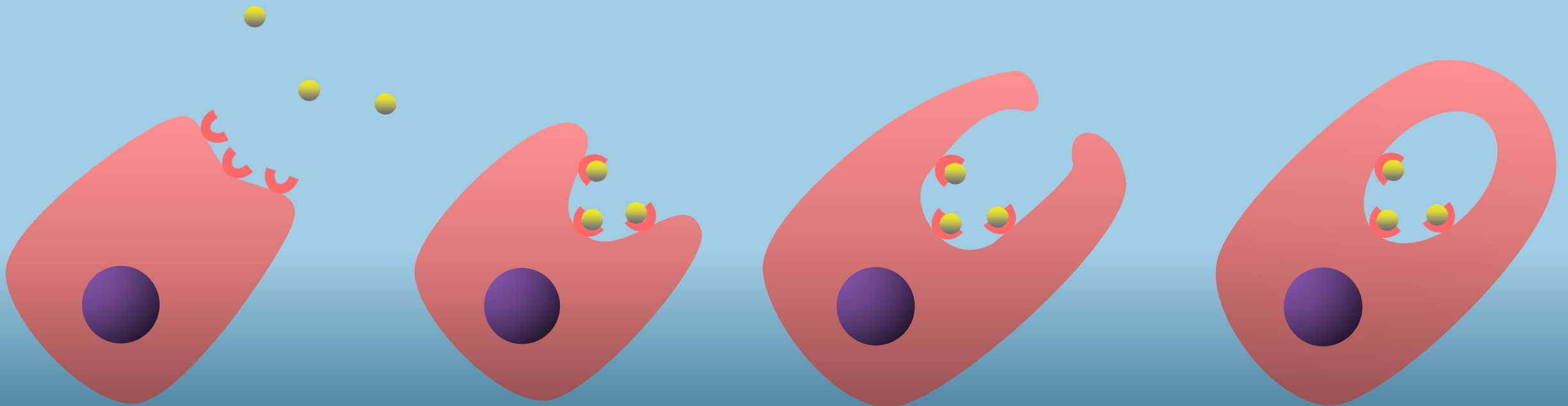
10.2. Pinocitose não seletiva

Também conhecida como pinocitose de fase fluida, corresponde a um tipo de endocitose caracterizada pela formação de invaginações de membrana, englobando fluido extracelular e solutos presentes nele de forma inespecífica. Os elementos envolvidos são armazenados no interior de vesículas de pinocitose. Este tipo de transporte ocorre, por exemplo, em células endoteliais de vasos sanguíneos, ao englobar pequenas quantidades de plasma do sangue, que são eliminadas nos tecidos, caracterizando a transcitose (Junqueira, Carneiro, Abrahamsohn, 2017).



10.3. Pinocitose seletiva

Também conhecida como endocitose mediada por receptores, corresponde a um tipo de endocitose que ocorre de forma semelhante à pinocitose de fase fluida, porém, neste caso específico, os elementos a serem transferidos para o interior da célula se ligam a receptores específicos, que se ligam a áreas deprimidas da membrana plasmática denominadas fossetas. Este tipo de transporte ocorre, por exemplo, na absorção de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e em células precursoras de hemácias, que incorporam a transferrina (proteína plasmática transportadora de ferro) (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts, Watson, 2017b; Junqueira, Carneiro, Abrahamsohn, 2017).



Referências

- Alberts B, Johnson A, Lewis J, Morgan D, Raff M, Roberts K et al. *Biologia molecular da célula*. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2017. Capítulo 11, Transporte de membrana de pequenas moléculas e propriedades elétricas das membranas; p. 597-640.
- Alberts B, Johnson A, Lewis J, Morgan D, Raff M, Roberts K et al. *Biologia molecular da célula*. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2017. Capítulo 13, Tráfego intracelular de vesículas; p. 695-752.
- Coimbra J. Proteínas de transporte. *Rev Ciência Elem [Internet]*. 2015 [citado em 2018 ago. 21];3(2):147. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2015/147/>.
- Duran JER. *Biofísica: conceitos e aplicações*. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall; 2011. Capítulo 7, Transporte iônico; p. 223-42.
- Hall JE. *Tratado de fisiologia médica*. 12ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2011. Capítulo 4, O transporte de substâncias através das membranas celulares; p. 45-57.
- Junqueira LC, Carneiro J. *Biologia celular e molecular*. 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2012. Capítulo 5, Membrana plasmática; p. 81-104.
- Junqueira LC, Carneiro J, Abrahamsohn P. *Histologia básica*. 13ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. Capítulo 2, Introdução ao estudo das células: citoplasma; p. 22-47.
- Nelson C, Cox MM. *Princípios de bioquímica de Lehninger*. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2014. Capítulo 11. Membranas biológicas e transporte; p 385-432.
- Mourão Júnior CA; Abramov DM. *Biofísica essencial*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2018. Capítulo 5, Biofísica das soluções; p. 75-95.

Oliveira JB, Meller KLG, Hoff L, Giaretta DS. Transporte através da membrana celular. In: Oliveira JB, Wachter PH, Azambuja AA, Nunes FB, Pires MS. Biofísica para ciências médicas. 4ª ed. Porto Alegre: EDIPUCRS; 2016. p. 27-50

Permease [Internet]. 2018 [acesso em: 26 dez. 2018]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Permease>.

Taga R. A célula normal. In: Franco M, Montenegro MR, Brito T, Bacchi CE, Almeida PC. Patologia: processo gerais. 6ª ed. São Paulo: Atheneu Editora; 2015. p. 1-29.

Voet D, Voet JG. Bioquímica. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2013. Capítulo 20, Transporte através de membranas; p. 744-88.

Wolfersberger MG. Uniporters, symporters and antiporters. J Exp Biol [Internet]. 1994 [citado em 2018 ago. 21];196:5-6. Disponível em: <http://jeb.biologists.org/content/196/1/5.long>.

Os mecanismos pelos quais as células realizam trocas com o meio extracelular são um tema comumente abordado nas Disciplinas de Biofísica e Citologia.

Com o objetivo de introduzir brevemente o assunto a alunos de diferentes níveis de ensino, os autores desenvolveram um material objetivo e ilustrado para facilitar a compreensão.

Este material pode ser utilizado por alunos e professores como um elemento de estudo complementar em sala de aula ou no desenvolvimento de atividades práticas laboratoriais.

