

Paper Models: um recurso pedagógico acessível para o ensino da estrutura de ácidos nucleicos e proteínas

Renato Massaharu Hassunuma¹, Luan Ednelson Soares Garcia², Giovanni Augusto Lima de Oliveira³, Patrícia Carvalho Garcia¹, Michele Janegitz Acorci-Valério¹, Marjorie de Assis Golim⁴, Sandra Heloisa Nunes Messias⁵

¹Curso de Biomedicina, Universidade Paulista, UNIP, Bauru, SP

²Graduando Biomedicina, Universidade Paulista, UNIP, Bauru, SP

³Graduando Ciências Biológicas, Universidade Paulista, UNIP, Bauru, SP

⁴Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Botucatu, SP

⁵Curso de Biomedicina, Universidade Paulista, UNIP, São Paulo, SP

Autor para correspondência - rhassunuma@gmail.com

Palavras-chave: ácidos nucleicos, jogos e brinquedos, proteínas

A visualização da estrutura tridimensional de biomoléculas pode ser de difícil compreensão para alunos quando o professor se utiliza de recursos bidimensionais tradicionais para apresentação delas, como projeções em tela ou imagens impressas. Neste contexto, a utilização de modelos didáticos de papel pode ser um recurso bastante acessível para ser utilizado em sala de aula que, além de motivar, também permite que o aluno estabeleça uma conexão entre a aula teórica e o desenvolvimento da atividade prática.

A página *Paper Models* (Modelos de papel, na tradução livre) pertence ao site *Protein Data Bank* e seu acesso pode ser obtido por meio do link: <https://pdb101.rcsb.org/learn/paper-models>. Esta página disponibiliza moldes para impressão em papel de ácidos nucleicos e proteínas de interesse biológico, que o professor pode utilizar em sala de aula em disciplinas de Ciências, Genética ou Bioquímica do Ensino Médio ao Superior, possuindo interdisciplinaridade com outras áreas como Artes e Matemática.

Alguns já são bastante conhecidos no meio acadêmico, como o origami de DNA, mas existem outros para o RNA transportador, imunoglobulina G, insulina, proteínas fluorescentes verde e vermelha, receptor acoplado a proteínas G e estruturas dos vírus da dengue, HIV, HPV, Zika, entre outros.

Os modelos estão disponíveis em arquivo no formato PDF, podendo ser impressos em

papel sulfite A4, com instruções de montagem em inglês e vídeos disponíveis no *YouTube* com legenda com tradução automática para o português.

É importante ressaltar que, para montagem dos modelos de papel, o aluno irá necessitar apenas do material impresso, tesoura, cola e fita adesiva. Assim, além da atividade possuir baixo custo, ela também permite a produção ilimitada de peças.

A construção das moléculas pode ser realizada de forma individual ou em grupo. Como as instruções estão em inglês, o próprio professor pode explicar as etapas de montagem. Ao final da construção das biomoléculas de papel, o docente pode comparar o modelo criado com imagens bidimensionais de livros ou de projeções. Caso o professor preveja que os alunos terão dificuldade na execução do modelo, ele mesmo pode construí-lo previamente à aula, utilizando o material apenas de forma expositiva.

A partir da análise da estrutura tridimensional das moléculas construídas, o professor pode realizar questionamentos como: qual a diferença entre uma proteína e um ácido nucleico? Onde estão localizadas e quais são os tipos de ligações químicas presentes nesta

molécula? Quantos nucleotídeos ou aminoácidos compõem a molécula? O que é a estrutura secundária e terciária de uma proteína? É importante mencionar, contudo, que as perguntas devem ser realizadas de acordo com o conteúdo e nível de escolaridade dos alunos.

Molecular Models: PDB-101
Exploring the Structure of tRNA
Additional information about this activity can be found at: bit.ly/1WzIoH1 www.rcsb.org • info@rcsb.org

Instructions for Building the Paper Model of tRNA

I. The primary structure

- Cut out each piece, leaving the grey tabs intact.
- Following the nucleotide numbering, tape the pieces into a long strip. The blank grey tabs should be hidden.
- Make slits in-between each double line (16 total). Be careful not to cut through the entire strip.
- Fold back ("mountain fold") on the horizontal dashed lines.

II. The secondary structure

- Fold in ("valley fold") on the small vertical dotted lines.
- Bring colored/patterned sections together, and tape so the grey tab is hidden. It is important that you match the bases in the following order:

1. 10-13 with 25-22	or
2. 27-31 with 43-39	or
3. 49-53 with 65-61	or
4. 1-7 with 72-66	or
- Bring together bases G19 and C56 (colored yellow) to form a base pair - hide the grey tab by taping it under. This forms the beginnings of the tRNA tertiary structure - the inverted L-shape. To further explore details of tertiary structure see the atomic model of tRNA at bit.ly/1WzIoH1

Notice the almost-perfect base pairing (G-C and A-U bases pair up). At this point the model is a cloverleaf shape - the secondary structure of tRNA. Each colored region represents the double helical regions of the structure.

III. The tertiary structure

What is tRNA?
 Transfer RNA (tRNA) "translates" the genetic code into the language of proteins. Each tRNA molecule binds to a specific amino acid on the acceptor arm, recognizes its corresponding code on the mRNA through the anticodon loop region and delivers the amino acid to a growing peptide chain in the ribosome² for protein synthesis.

- See the *Molecule of the Month* feature at doi: [10.2210/rcsb_pdb/mom_2001_3](https://doi.org/10.2210/rcsb_pdb/mom_2001_3)
- See the *Molecule of the Month* feature at doi: [10.2210/rcsb_pdb/mom_2010_1](https://doi.org/10.2210/rcsb_pdb/mom_2010_1)

Molecular Models: PDB-101
Exploring the Structure of tRNA
Additional information about this activity can be found at: bit.ly/1WzIoH1 www.rcsb.org • info@rcsb.org

tRNA Model Template for Reproduction in Color

Figura 1. Instruções e Modelo de papel do RNA transportador apresentado na página *Paper Models*. Fonte: tRNA paper model. Disponível em: <https://pdb101.rcsb.org/learn/paper-models/trna>. Acesso em: 29 set. 2022.