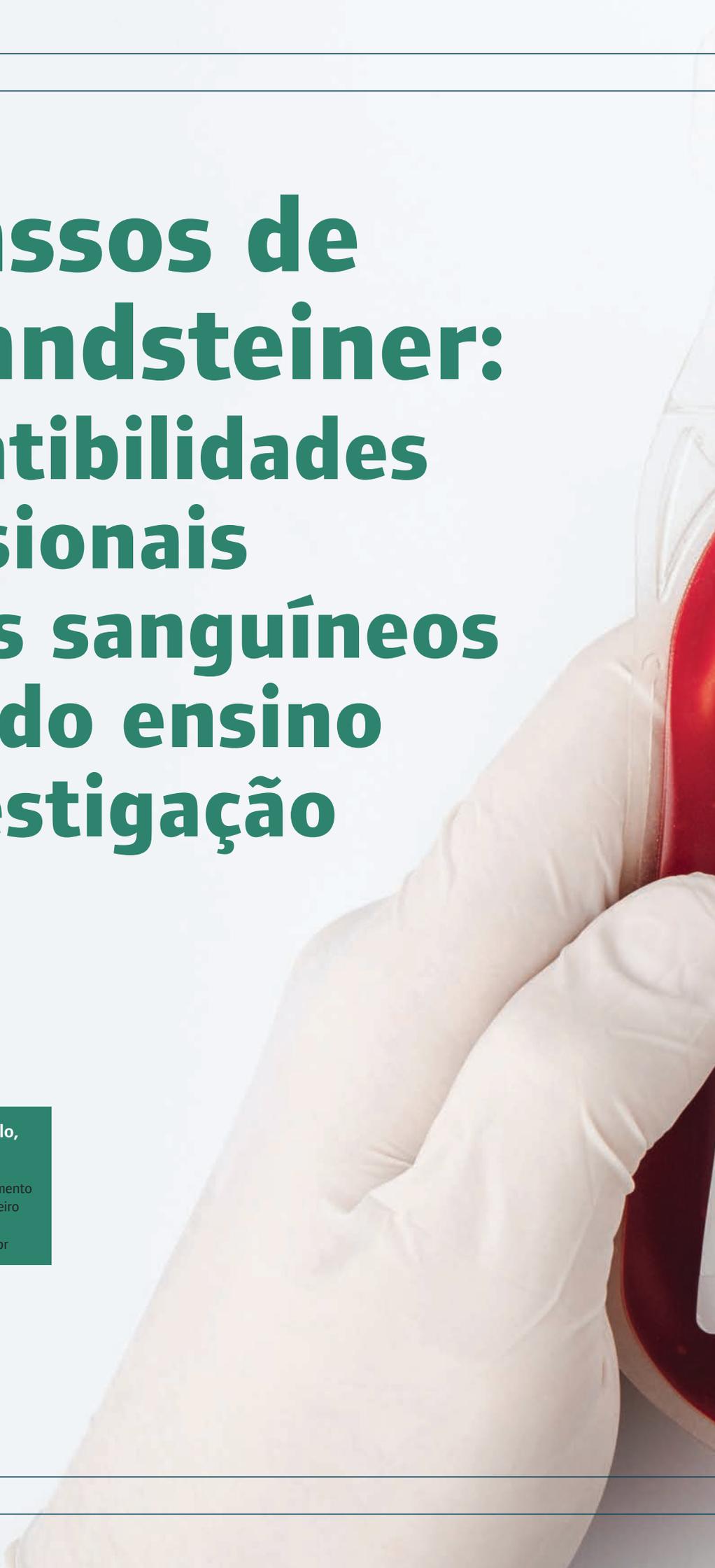


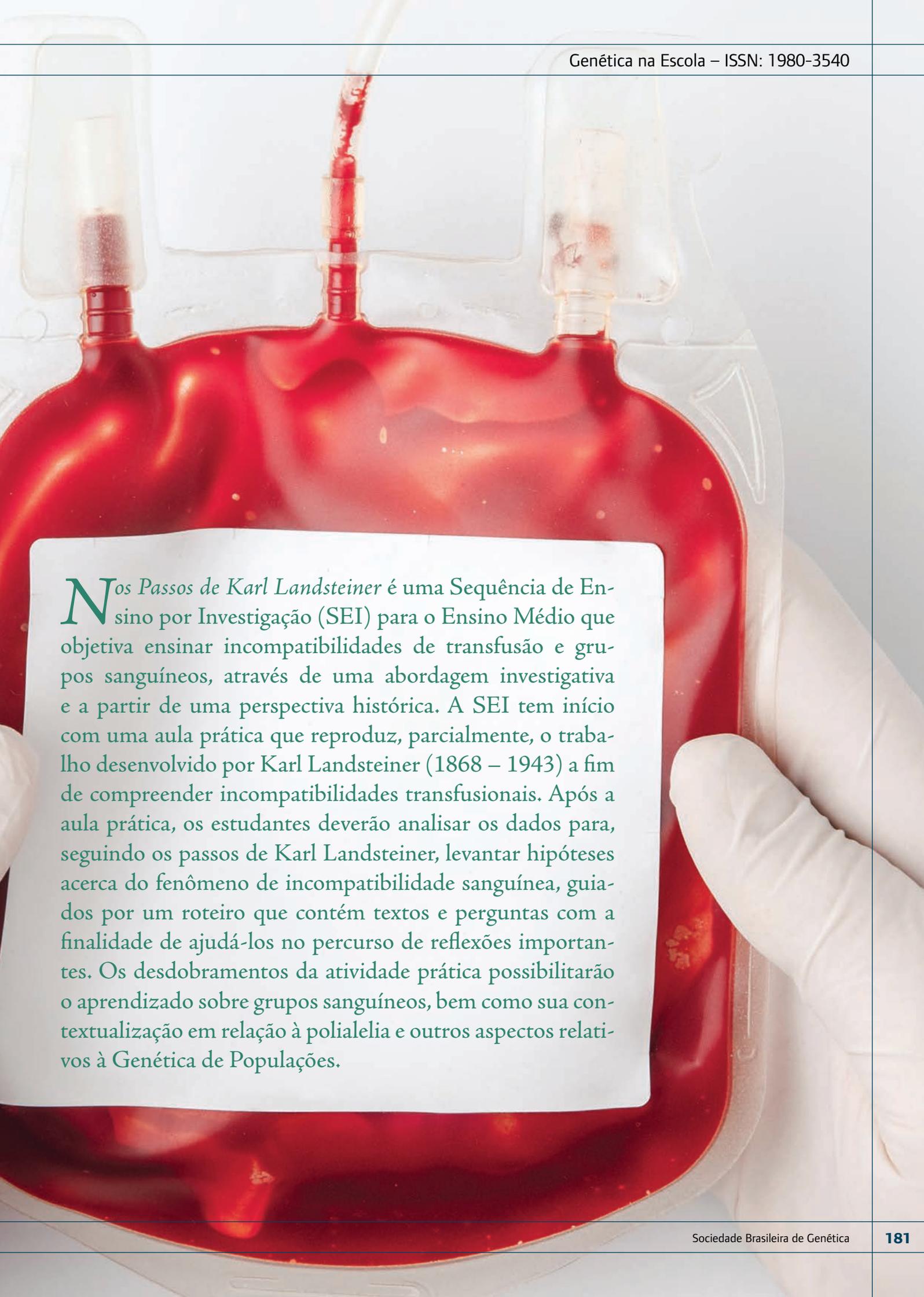
Nos passos de Karl Landsteiner: incompatibilidades transfusionais e grupos sanguíneos através do ensino por investigação



Paula Fernandes Tavares Cezar-de-Mello,
Pamela Rosa Gonçalves

Colégio Pedro II *Campus* Duque de Caxias, Departamento
de Biologia e Ciências, Duque de Caxias, Rio de Janeiro

Autor para correspondência - paulamello@cp2.g12.br

A gloved hand is holding a clear plastic blood bag filled with red liquid. A white card is placed in front of the bag, partially obscuring it. The card contains text in a green font. The background is a plain, light-colored surface.

Nos *Passos de Karl Landsteiner* é uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) para o Ensino Médio que objetiva ensinar incompatibilidades de transfusão e grupos sanguíneos, através de uma abordagem investigativa e a partir de uma perspectiva histórica. A SEI tem início com uma aula prática que reproduz, parcialmente, o trabalho desenvolvido por Karl Landsteiner (1868 – 1943) a fim de compreender incompatibilidades transfusionais. Após a aula prática, os estudantes deverão analisar os dados para, seguindo os passos de Karl Landsteiner, levantar hipóteses acerca do fenômeno de incompatibilidade sanguínea, guiados por um roteiro que contém textos e perguntas com a finalidade de ajudá-los no percurso de reflexões importantes. Os desdobramentos da atividade prática possibilitarão o aprendizado sobre grupos sanguíneos, bem como sua contextualização em relação à polialelia e outros aspectos relativos à Genética de Populações.

COMPREENDENDO A ATIVIDADE INVESTIGATIVA

Uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) compreende uma sequência de atividades com cunho investigativo, planejada de modo a viabilizar a aquisição de novos conhecimentos e habilidades inerentes ao fazer científico, promovendo a alfabetização científica. Esta SEI foi elaborada em torno do problema ‘incompatibilidade sanguínea’, o qual será a motivação inicial do estudo.

Os conceitos abordados nesta SEI estão em consonância com o conteúdo de polialelia, ficando a critério do docente se realizará, ou não, aula teórica acerca do tema antes de utilizar esta atividade. As autoras propõem a aplicação da SEI antes da aula teórica de polialelia, como uma forma de introdução ao tema Grupos Sanguíneos. Nesta proposta não será necessário identificar os genótipos dos indivíduos, visto que a atividade se passa em um momento da história em que não se tinha esse conhecimento. Sendo assim, considerando o currículo de Genética praticado no Ensino Médio, espera-se que no contexto desta atividade os alunos já tenham entrado em contato com fundamentos de Hereditariedade e com a 1ª Lei de Mendel. Também recomendamos que os conteúdos relacionados a tecido sanguíneo, seus componentes e funções – com especial atenção aos anticorpos circulantes e leucócitos – sejam previamente abordados. Alternativamente, optando-se por ministrar a aula de polialelia antes da atividade, recomenda-se omitir algumas informações, tais como a presença das aglutininas, para permitir que os alunos cheguem até essa informação por meio de suas pesquisas.

Parte da nossa proposta didática concebe a execução de uma atividade prática no laboratório como método de ensino-aprendizagem e que tem por finalidade reproduzir, por meio de materiais artificiais que simulam os fluidos, os experimentos científicos conduzidos por Landsteiner, bem como os resultados que foram obtidos. Embora a experimentação seja com frequência destacada como o principal meio pelo qual o conhecimento científico é produzido, seria interessante discutir tal paradigma e apontar

que existem outros meios pelos quais se dá a Ciência, visto que, por exemplo, nem tudo é passível de teste.

Com a aplicação desta SEI e com a mediação realizada pelo docente, espera-se alcançar os seguintes conteúdos:

- ♦ **Conceituais:** compreender as bases das incompatibilidades transfusionais; reconhecer o papel das aglutininas e aglutinogênios; descrever e comparar a frequência dos grupos sanguíneos – com enfoque evolutivo e de genética de populações – em diferentes continentes; comparar o papel das aglutininas anti-A, anti-B e anti-D e os estímulos necessários para suas sínteses.
- ♦ **Procedimentais:** executar os procedimentos experimentais; organizar e analisar os resultados obtidos; propor hipóteses, levantar dados correlatos; redigir textos e apresentar dados de pesquisas.
- ♦ **Atitudinais:** conscientizar-se sobre a importância da transfusão de sangue; debater, sob o ponto de vista ético, a realização de transfusões sanguíneas antes da compreensão acerca das incompatibilidades dos sistemas ABO e Rh, traçando paralelos com os dias atuais.

A SEI em questão está organizada em três etapas. A Etapa 1 é realizada em laboratório de Biologia, momento em que os estudantes entram em contato com os estudos de Landsteiner, participando da rotina laboratorial e desenvolvendo reflexões a partir dos resultados obtidos na aula prática. Com a conclusão da prática, os estudantes devem sistematizar o que foi experimentado e discutido. É a oportunidade de consolidar o aprendizado e evidenciar pontos que ainda precisarão de maiores esclarecimentos. Por conseguinte, os estudantes devem redigir um pequeno resumo que reflita os procedimentos e as hipóteses levantadas e entregar ao professor. São feitas sete questões que servem de guia para o resumo. É importante ressaltar que, nesta fase, valoriza-se o processo de reflexão dos estudantes através do levantamento de hipóteses, ou seja, provoca-se a capacidade interpretativa e argumentativa a partir dos procedimentos realizados e, por consequência, dos resultados obtidos. Dito isso, não se

espera que o resumo esteja recheado de respostas corretas, ao contrário, espera-se que o resumo seja um instrumento que ajude a compor o processo de ensino-aprendizagem, partindo-se de uma perspectiva de avaliação formativa.

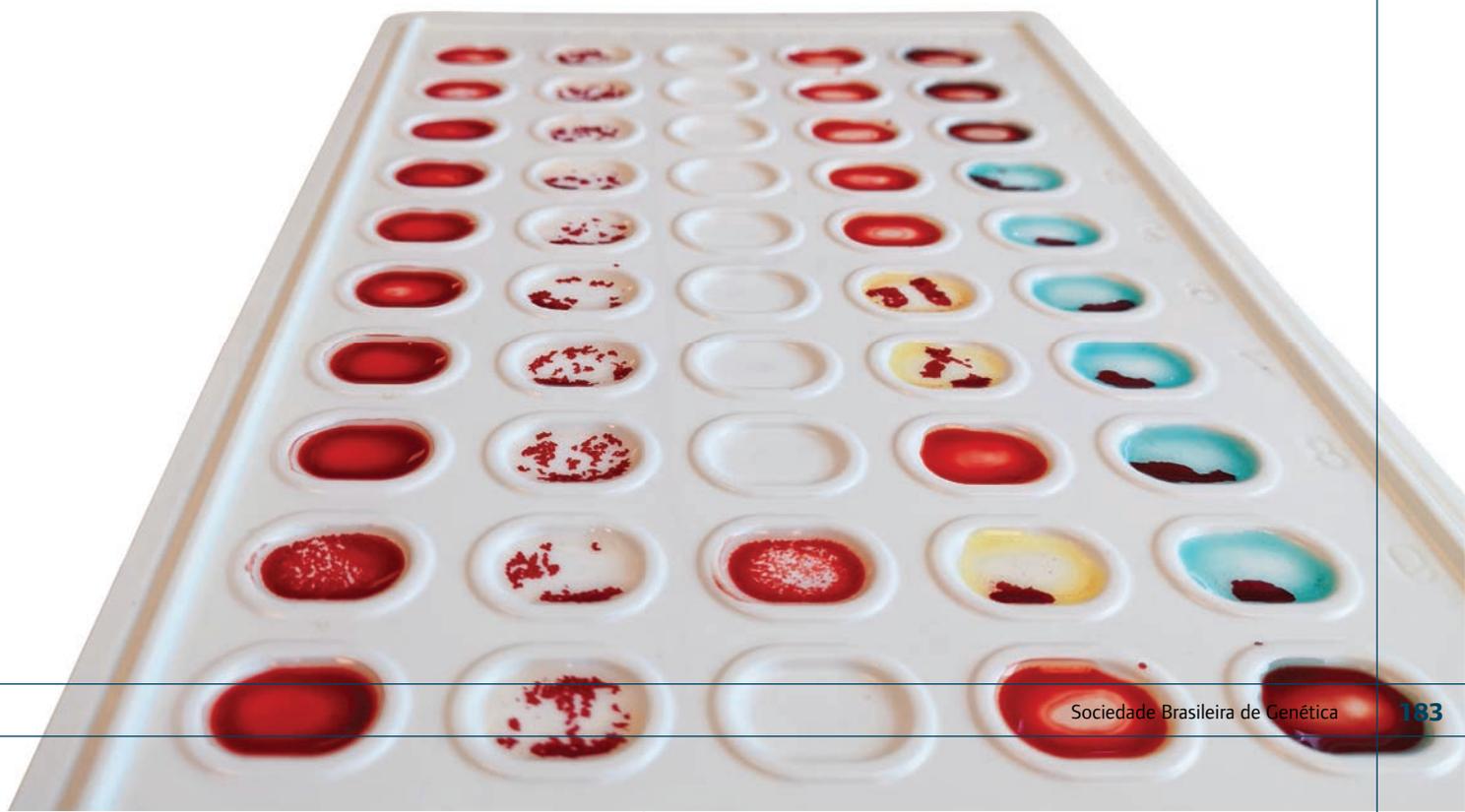
Após a finalização do resumo – feito logo em seguida da aula prática – os estudantes devem entregá-lo ao docente que, por sua vez, deve fornecer ao estudante o Quadro de Avaliação (QA) – apresentado mais adiante – e o texto da Etapa 2. O texto em questão apresenta perguntas norteadoras para serem pesquisadas e respondidas em casa, que servirão como um guia para a compreensão dos diferentes grupos sanguíneos e sua distribuição geográfica.

Na aula seguinte, os estudantes retornam com o Quadro de Avaliação preenchido e levam os resultados de suas pesquisas relativas à etapa 2. Pode-se propor uma discussão com a turma, mediada pelo docente, através da apresentação formal desses dados. Ademais, o momento é importante para a devolutiva do resumo que foi redigido na aula anterior. Poder-se-á confrontar as hipóteses preliminares que constam no resumo com os resultados da pesquisa feita pelos estudantes.

A SEI poderá ser finalizada na etapa 2 ou, a depender do engajamento da turma e do plano de ensino, pode-se prosseguir com o aprofundamento do tema, como sugerido

na Etapa 3. Seu objetivo é conectar os campos de conhecimento Grupos Sanguíneos e Sistema Imunológico, que não são habitualmente abordados juntos nos currículos de Biologia e, no entanto, apresentam íntima relação. Portanto, caberá ao docente refletir se esta contextualização está de acordo com seus objetivos e possibilidades. Nessa etapa, pretende-se discutir a origem das aglutininas circulantes e os estímulos necessários para sua produção e criação de memória imunológica. Assim, as perguntas norteadoras sugeridas podem ser utilizadas para pesquisa pelos estudantes ou como problematização inicial de uma aula. Por exemplo, pode-se utilizar um material didático que introduza o conteúdo sobre a Doença Hemolítica do Recém-Nascido (DHRN), para ensinar, não apenas sobre esta condição, mas também a respeito do sistema imunológico.

Sugere-se que as etapas 1 e 2 sejam realizadas em duas aulas com duração de 1h20 – 1h30 cada, preferencialmente espaçadas pelo intervalo de 1 semana, proporcionando tempo hábil para que os estudantes realizem pesquisas e para que o docente tenha tempo para a análise do resumo elaborado pelos educandos. A etapa 3 pode ser incluída no final da aula dedicada à etapa 2, ou em aula subsequente, ficando a critério do docente avaliar se realizará a etapa 3 e qual a melhor forma de abordagem. Nossa sugestão é que seja dedicada a ela uma aula à parte.



ROTEIRO DA ATIVIDADE: NOS PASSOS DE KARL LANDSTEINER

No final do século XIX, a doação de sangue não era segura como hoje em dia, alguns indivíduos apresentavam reações à doação de sangue que poderiam levar à morte. Por outro lado, outros não tinham nenhum tipo de reação. Não era possível prever, nem em termos de probabilidade, quem poderia ou não sofrer com as reações transfusionais.

Aproveite este momento inicial, reflita com seus colegas e procure formular hipóteses que possam explicar esses fatos. **Anote as hipóteses sugeridas por todos os colegas e prossigam.**

Para compreender os fatores que influenciam na compatibilidade sanguínea vamos seguir os passos do Dr. Karl Landsteiner, médico e cientista austríaco.

Etapa 1 – A descoberta de Landsteiner

Neste momento, abre-se um **buraco de minhoca** no laboratório de Biologia que os transporta numa viagem no tempo, diretamente ao passado. O ano é 1900 e vocês acabam de chegar na Áustria, no laboratório do Dr. Landsteiner.

Dr. Landsteiner aguardava os estagiários no laboratório e, ao vê-los, exclama:

– *Finalmente, chegaram os novos estagiários! – Eu os aguardava para me auxiliarem em minhas pesquisas.*

E ele prossegue:

– *Procuo entender o porquê de algumas transfusões sanguíneas causarem a morte dos indivíduos receptores. Se conseguirmos identificar os fatores que levam à morte, o processo de transfusão de sangue será mais seguro.*

Os estagiários, provavelmente, ainda estão muito surpresos, mas ele ignora esse fato e prossegue explicando:

– *Recentemente, li um artigo publicado por Jules Bordet, em 1895. Ele misturou sangue de animais de diferentes espécies e observou a formação de “aglomerados”. Quero saber o que acontece quando misturamos o sangue de diferentes pessoas. Por isso, vocês estão aqui para me auxiliarem nesta experiência. Adiantei a primeira etapa e coletei o meu sangue e o dos meus colegas de laboratório, Dr. Sturli e Dr. Pletsching. De cada uma dessas três amostras de sangue, separei uma porção de soro, uma fase líquida composta por água, proteínas, sais e que não possui células.*

Faz uma pausa e continua:

– *Agora cabe a vocês, meus estagiários, darem continuidade, seguindo o protocolo e roteiro que organizei. Quero o resultado no final do dia na minha mesa!*

E retira-se.

Sem muita demora, vocês se recompõem da grande surpresa e se dirigem para as bancadas do laboratório, para seguir nos passos de Karl Landsteiner e participar deste momento histórico para a Ciência.

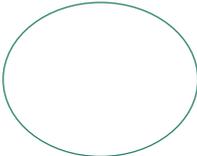
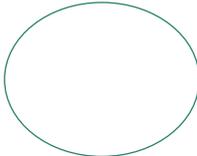
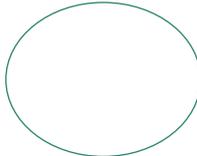
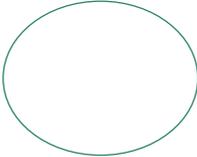
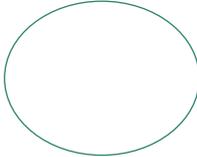
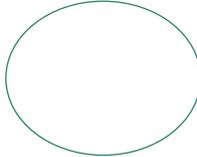
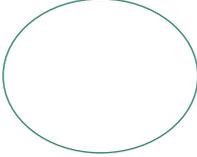
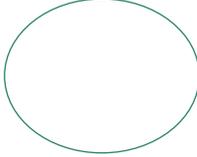
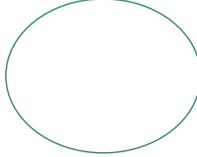
A sua missão é ajudar o Dr. Landsteiner a compreender a incompatibilidade sanguínea! Para isso, deverá misturar o sangue e o soro de diferentes indivíduos. Em cada bancada estão os materiais necessários deixados por Dr. Landsteiner:

- Amostras de sangue e de soro do Dr. Landsteiner;
- Amostras de sangue e de soro do Dr. Sturli;
- Amostras de sangue e de soro do Dr. Pletsching;
- 9 lâminas de vidro;
- 9 palitinhos;
- 6 conta-gotas para usar em cada amostra.

Buraco de minhoca ou *wormhole* seria um atalho no contínuo espaço-tempo que, hipoteticamente, permitiria a viagem no tempo. Entende-se que essa é apenas uma forma lúdica de tratar a situação proposta de retorno ao tempo, o que pode ser discutido com a turma, quando adequado, a fim de evitar erros conceituais da Física.

Procedimento:

1. Sobre a bancada, organizar as 9 lâminas conforme a disposição dos círculos no esquema 1. Os círculos estão representando a gota de sangue que será pingada em cada lâmina. Assim, serão utilizadas entre 1-2 gotas de sangue por lâmina para evitar mistura de amostras.
 2. Pingar entre 1-2 gotas de sangue do **Dr. Pletsching** em cada lâmina da 1ª linha;
 3. Pingar entre 1-2 gotas de sangue do **Dr. Sturli** em cada lâmina da 2ª linha;
 4. Pingar entre 1-2 gotas de sangue do **Dr. Landsteiner** em cada lâmina da 3ª linha;
- ✓ Feita a distribuição correta do sangue, o próximo passo é acrescentar os soros ao sangue, conforme as instruções a seguir. Ler com atenção:
5. Serão realizadas todas as combinações de misturas entre soro/sangue de cada indivíduo em questão;
 6. Cada coluna corresponde à adição do soro no sangue previamente distribuído nas lâminas, sendo assim:
 7. Pingar de uma a duas gotas de soro do Dr. Pletsching em cada lâmina da 1ª coluna;
 8. Pingar de uma a duas gotas de soro do Dr. Sturli em cada lâmina da 2ª coluna;
 9. Pingar de uma a duas gotas de soro do Dr. Landsteiner em cada lâmina da 3ª coluna;
 10. Se precisar, mexer cuidadosamente nas gotinhas de sangue com o palitinho. Usar um palitinho para cada lâmina.
- ✓ Observar o que aconteceu e fazer a representação adequada no **Esquema 1**.

		1ª coluna	2ª coluna	3ª coluna
		Soro do Dr. Pletsching	Soro do Dr. Sturli	Soro do Dr. Landsteiner
1ª linha	Sangue do Dr. Pletsching			
2ª linha	Sangue do Dr. Sturli			
3ª linha	Sangue do Dr. Landsteiner			

Esquema 1.

Reprodução do experimento de Karl Landsteiner.

Analisar os resultados e responder:

- a. O que aconteceu, de modo geral, após a mistura dos soros com o sangue?
 - b. O soro do Dr. Landsteiner reagiu com o(s) sangue(s) do(s) _____.
 - c. O soro do Dr. Sturli reagiu com o(s) sangue(s) do(s) _____.
 - d. O soro do Dr. Pletsching reagiu com o(s) sangue(s) do(s) _____.
 - e. Considerando os dados obtidos, proponha explicações sobre a consequência de receber uma transfusão de sangue que provoque a formação de precipitados.
 - f. Proponha explicações sobre a formação dos precipitados.
 - g. Em seus estudos, Dr. Landsteiner chamou o tipo sanguíneo do Dr. Pletsching de **A** e do Dr. Sturli de **B** e, o seu próprio sangue, de **C**. Mas, já ouviram falar de tipo sanguíneo **C**?
- ✓ Redigir um pequeno texto, a ser entregue ao Dr. Landsteiner, de 2 – 3 parágrafos, sintetizando os procedimentos realizados e as hipóteses levantadas para responder às perguntas de a – g. Ao redigir, importa mais o processo de reflexão e organização das ideias do que a resposta correta.

Etapa 2 – De volta para o futuro

Seu trabalho no passado termina aqui! Agora, de volta para o futuro (ou presente), daremos continuidade ao estudo de grupos sanguíneos.

A nomenclatura atual (A, B, O) foi criada em 1910 por Emil Von Dungern (1867 – 1961) e Ludwik Hirsfeld (1884 – 1954). O grupo mais comum, ou seja, mais frequente na Europa foi chamado de **A** e, o menos frequente, foi denominado **B**. Pensando nisso, **pesquise sobre os grupos sanguíneos mais frequentes no Brasil e Américas. Compare-as, se possível, com a frequência do sistema ABO presente nas populações europeia, africana e asiática.** Apresente estes resultados e proponha explicações, evolutivas e históricas, para os resultados encontrados.

Como estudo, pesquisar sobre:

1. As questões que ficaram em aberto na Etapa 1 e preencham o Quadro de Avaliação;
2. A natureza bioquímica do sistema ABO;
3. A descoberta do Fator Rh. Apresentar os resultados na aula seguinte.

Etapa 3 – Tipos sanguíneos e o Sistema Imune: aprofundando a discussão

- Considerando a presença das diferentes aglutininas circulantes, de que modo o sistema imune pode interferir na transfusão de sangue?
- O que deflagra a produção de anticorpos? E com relação às aglutininas anti-A, anti-B e anti-D? Compare estes processos.

NOTA: – O que deflagra a produção de anticorpos – Em muitos livros didáticos do Ensino Médio encontramos a informação de que os anticorpos anti-A e anti-B são “naturais” em oposição ao anti-D, produzido mediante exposição prévia. Consideramos que este equívoco é um ponto relevante a ser explorado e que proporcionará maior contextualização com o papel do sistema imunológico. Para maiores esclarecimentos, sugerimos a leitura inicial de Vieira (2013).

QUADRO DE AVALIAÇÃO

É importante que os estudantes tenham a oportunidade de sistematizar os novos conhecimentos, o que poderá ser realizado ao final de cada etapa. Como antes explicado, ao final da etapa 1, os estudantes organizarão as ideias livremente em sala, através de um pequeno texto que sintetizará os procedimentos realizados e as hipóteses levantadas durante a aula prática. Para a concretização da etapa 2, foi proposto a elaboração de um QA como tarefa de casa. Após vivenciar a experiência proporcionada pela prática e ter discutido com seus colegas, os estudantes

terão a oportunidade de aprofundar o estudo do tema, o que fomentará, desta vez, de modo mais ordenado, o desenvolvimento de habilidades e competências fundamentais sob a óptica do pensamento científico, tais como a capacidade de elaborar e diferenciar: hipótese, argumentação e explicação. Ainda, os mesmos terão a chance de definir termos de Biologia, o que, com frequência, provoca dúvidas e frustrações por serem percebidos como “decoreba”. O quadro foi elaborado a partir de consultas ao trabalho de outros autores (GOODIN et al., 2018; RIBEIRO, 2005).

Quadro de Avaliação

Identificação do problema:

Termos de Biologia desconhecidos a serem definidos:

Hipótese(s)	Evidência(s)	Explicação(ões) do problema

Conclusão(ões):

PRODUÇÃO DE SANGUE E SORO ARTIFICIAIS

Para a aula prática, pensando em eliminar a exposição de estudantes da Educação Básica ao risco biológico, foi necessário produzir sangue e soro artificiais. Por conseguinte, estão apresentados alguns protocolos disponíveis na literatura e a adaptação formulada para a prática. Tais protocolos visam mimetizar a aglutinação observada quando da formação do complexo antígeno-anticorpo na tipagem sanguínea de rotina com o emprego de soros comerciais.

A precipitação da caseína do leite por agentes ácidos e a reação entre sabão e sal são os principais métodos empregados para simular a aglutinação que ocorre durante uma tipa-

gem sanguínea (KALUMUCK, 2005 *apud* ARNOLD et al., 2012). Em ambos os casos, a formação de grumos macroscópicos muito se assemelha ao resultado obtido pelo método laboratorial. Tratam-se de alternativas baratas e seguras para a simulação da tipagem sanguínea com alunos da Educação Básica. Todavia, estes modelos podem apresentar um inconveniente, pois é necessário criar diferentes kits de acordo com o resultado de tipo sanguíneo que se deseja alcançar. Como exemplo, toma-se por base o método que utiliza leite e vinagre. Neste caso, o “sangue” é composto por leite e corante alimentício vermelho, e os “soros” (anti-A e anti-B) devem conter, ou não, o agente ácido (vinagre) – que causará a precipitação da caseína do leite – e o corante alimentício amarelo ou azul (quadro1).

MATERIAIS DIDÁTICOS

KIT	Sangue	Anti-A	Anti-B	Reação	Resultado
1	Corante vermelho + leite	Água + vinagre + corante azul	Água + corante amarelo	Positiva com anti-A	Sangue A
2	Corante vermelho + leite	Água + corante azul	Água + vinagre + corante amarelo	Positiva com anti-B	Sangue B
3	Corante vermelho + leite	Água + vinagre + corante azul	Água + vinagre + corante amarelo	Positiva com os dois anticorpos	Sangue AB
4	Corante vermelho + leite	Água + corante azul	Água + corante amarelo	Negativa com os dois anticorpos	Sangue O

Quadro 1.

Protocolo 1. Elaboração dos kits para diagnóstico do sistema ABO baseado na reação de precipitação da caseína do leite em meio ácido.

Deste modo, simular o processo de identificação de todos os tipos sanguíneos demanda um kit diagnóstico para cada tipo de sangue. Utilizar, por engano, o soro anti-B do kit 3 para identificar o tipo sanguíneo da amostra de sangue do kit 1, resultará em diagnóstico equivocado, levando o estudante a acreditar que o sangue seria AB. Sem dúvida, pode ser uma estratégia bastante trabalhosa para o professor produzir e organizar antes e durante a aula prática. A vantagem está, evidentemente, na facilidade de obter e manusear leite, vinagre e corantes.

Alternativamente, podem ser utilizadas reações de dupla-troca entre reagentes compostos, conforme o quadro abaixo (quadro 2). A vantagem destes protocolos está na possibilidade de testar diferentes “tipos sanguíneos” utilizando apenas duas “soluções de anticorpos”. As desvantagens estão nas dificuldades que eventualmente poderão ser experimentadas para a obtenção dos reagentes e no manuseio para preparo das soluções, que devem ser realizados pelo professor de Biologia e, idealmente, com o auxílio de um professor de Química, de acordo com as boas práticas laboratoriais.

SHARP; SMAILES, 1989		HARRISON, 2015		Resultados
Sangue*	Soro**	Sangue*	Soro**	
0,2 M de nitrato de chumbo II ($Pb(NO_3)_2$)	Anti-A – 0,2 M de iodeto de sódio (NaI)	0,1 M de nitrato de prata ($AgNO_3$)	Anti-A – 2,0 M de ácido clorídrico (HCl)	Sangue A (precipitação com “anti-A”)
0,2 M de cloreto de bário ($BaCl_2$)	Anti-B – 0,2 M de nitrato de prata ($AgNO_3$)	0,1 M de nitrato de bário ($Ba(NO_3)_2$)	Anti-B – 2,0 M de ácido sulfúrico (H_2SO_4)	Sangue B (precipitação com “anti-B”)
Volumes iguais das soluções de $Pb(NO_3)_2$ e $BaCl_2$		Volumes iguais das soluções de $AgNO_3$ e $Ba(NO_3)_2$		Sangue AB (precipitação com “anti-A” e “anti-B”)
Corante vermelho + glicerina + água		Corante vermelho + glicerina + água		Sangue O (ausência de precipitação com “anti-A” e “anti-B”)

Quadro 2.

Protocolo 2. Elaboração dos kits para diagnóstico do sistema ABO baseado em reações de dupla-troca.

Preparo comum para todas as amostras de: * sangue: corante alimentício vermelho + glicerina, e ** soro: corante alimentício azul (anti-A) ou amarelo (anti-B) (q.s.p. para coloração desejada). A glicerina é empregada para alcançar a consistência viscosa do sangue e o corante alimentício para simular a cor do sangue e do soro comercial.

Para a atividade *Nos Passos de Karl Landsteiner*, é utilizado o protocolo de Sharp e Smailes (1989), com algumas modificações, invertendo a lógica dos reagentes compostos para produzir os soros e os sangues, conforme indicado no quadro 3. Além disso, o iodeto de sódio (NaI) foi substituído pelo iodeto de potássio (KI), mantida a concentração sugerida inicialmente. Neste

protocolo modificado, é importante notar que o soro é referente à porção líquida que se forma após a coagulação espontânea do sangue, e não aos soros comerciais. Os sangues e os soros artificiais foram identificados com os nomes dos cientistas que tiveram seus fluidos analisados por Landsteiner, Dr. Sturli e Dr. Pletsching, incluindo o próprio cientista.

Quadro 3.

Protocolo 3. Elaboração de sangue e soro artificiais para a reprodução do experimento de Karl Landsteiner.

Amostras artificiais	Indivíduos	Aglutinogênios ou aglutininas	Modo de preparo
Sangue**	Dr. Landsteiner	O	Corante alimentício vermelho* + glicerina
	Dr. Sturli	A	Corante alimentício vermelho* + glicerina + 0,2 M de AgNO ₃
	Dr. Pletsching	B	Corante alimentício vermelho* + glicerina + 0,2 M de KI
Soro	Dr. Landsteiner	anti-A e anti-B	Água destilada + Volumes iguais das soluções de Pb(NO ₃) ₂ e BaCl ₂ + corante alimentício amarelo
	Dr. Sturli	anti-B	Água destilada + 0,2 M Pb(NO ₃) ₂ + corante alimentício amarelo
	Dr. Pletsching	anti-A	Água destilada + 0,2 M BaCl ₂ + corante alimentício amarelo

* q.s.p. coloração desejada. ** Tipos sanguíneos conforme revisto por Schwarz e Dorner (2003).

Obs.: os tipos sanguíneos e as aglutininas de cada indivíduo devem ser omitidos nos rótulos dos tubos.

Em nossa experiência, percebemos que o corante vermelho inicialmente testado (Arcolor) sofreu precipitação ao entrar em contato com a solução de BaCl₂, gerando resultados falso positivos. O corante vermelho foi substituído por um de outra marca (Gasebel), o qual não reagiu. Por isso, alertamos para a eventual necessidade de testagem dos corantes utilizados. Para a produção do soro, o corante amarelo (Arcolor) foi pré-diluído na proporção de uma gota de corante em 10 mL de água destilada. Utilizamos quatro gotas da solução diluída em 2 mL da solução de “soro” (0,2 M Pb(NO₃)₂ e/ou 0,2 M BaCl₂) para atingir a coloração desejada, como pode ser observado na figura 1. É imprescindível que todas as soluções sejam feitas com água destilada, bem como os materiais utilizados devem ser previamente lavados com água destilada, a fim de evitar a precipitação in-

desejada dos sais (falso positivo). A seguir registros fotográficos da produção dos reagentes.

O protocolo de Sharp e Smailes é baseado em reações de dupla troca entre os sais utilizados. O nitrato de chumbo II (ou plumboso) reage com o iodeto de potássio, precipitando o iodeto de chumbo (PbI₂), um composto insolúvel e que será observado com coloração levemente dourada. Contudo, não compromete a interpretação dos resultados. A reação entre o cloreto de bário e o nitrato de prata leva à formação do cloreto de prata (AgCl), um sal sólido e de tonalidade branca que, no entanto, foi mascarada pelo corante vermelho. As duas reações supracitadas produzem, além dos precipitados, substâncias solúveis em água e, assim, não visíveis: nitrato de potássio (KNO₃) e nitrato de bário (Ba(NO₃)₂), respectivamente.

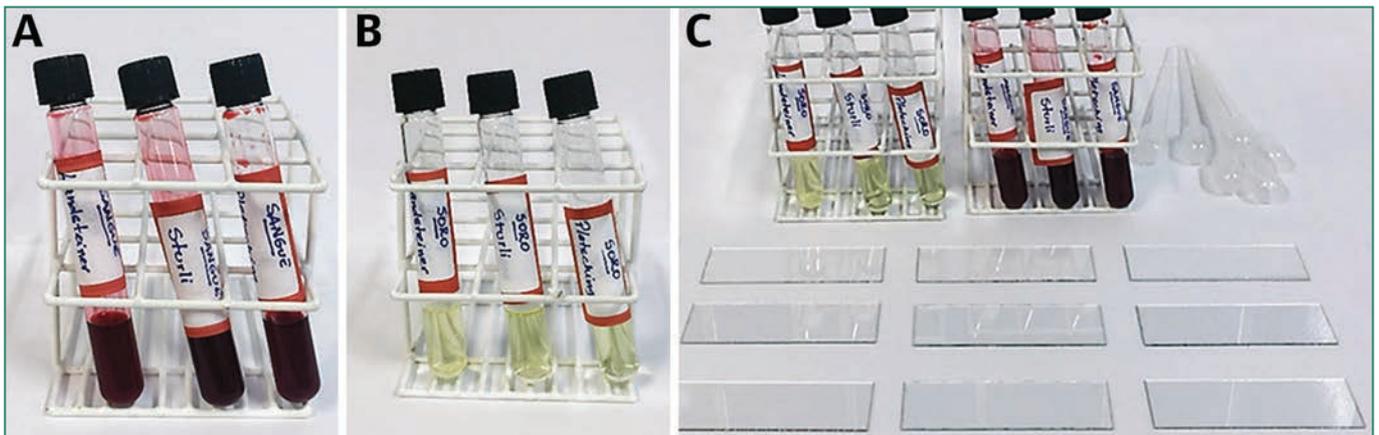


Figura 1. Amostras de sangue (A) e soro (B) artificiais. (C) Organização da bancada para a realização da reprodução do trabalho de Karl Landsteiner.

Vale ressaltar que é importante que os alunos não entrem em contato direto com as soluções. Recomenda-se que usem luvas, trabalhem com cuidado, atenção e utilizem pipetas Pasteur ou conta-gotas para realizar os procedimentos. O docente pode aproveitar a oportunidade e salientar os riscos biológicos de se trabalhar com fluidos humanos e, por analogia, explicar os cuidados necessários para a realização da prática. Além disso, destaca-se que esta atividade prática pode ser feita, interdisciplinarmente, com a Química, possibilitando a discussão de como os sangue e soros artificiais foram produzidos (os reagentes utilizados), assim como as reações químicas empregadas para obtenção dos resultados pretendidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalizados os estudos e discussões anteriores, como relacioná-los com polialelia? A sugestão é utilizar os dados que os alunos apresentarão na etapa 2 como ponto de partida, levantando questionamentos acerca da origem das variações fenotípicas do sistema ABO e sua relação com a genética. É possível aprofundar a discussão valendo-se de diferentes percursos, dentre eles, polimorfismos genéticos, diferentes sistemas de dominâncias e genética de populações. Alternativamente, ou de forma complementar, o docente pode preparar genealogias que ilustrem a herança dos grupos sanguíneos, de modo que a análise de tal conteúdo forneça pistas que conduzam os estudantes até a polialelia.

De fato, a genética não é um conhecimento

prévio obrigatório para a realização desta atividade. Como já mencionado, na virada do século XX, quando das conclusões obtidas por Landsteiner, não se tinha o conhecimento atual de que ora dispomos sobre a genética mendeliana e muito menos sobre os alelos responsáveis pelo sistema ABO. O trabalho de Gregor Mendel (1822 – 1884) seria redescoberto apenas em 1900 pelos botânicos Hugo de Vries (1848 – 1935), Carl Correns (1864 – 1933) e Erich von Tschermak (1871 – 1962) e, no ano seguinte, traduzido do alemão para o inglês por William Bateson (1861 – 1926), tornando-o mais acessível à comunidade científica. O padrão mendeliano de herança dos aglutinogênios A e B seria proposto em 1910, através de estudos de família realizados por Emil von Dungern e Ludwik Hirsfeld. Através desse contexto, pode-se discutir com os estudantes, sob uma perspectiva histórica, que a Ciência se dá por meio de uma construção contínua e coletiva, a partir de contribuições do trabalho de diferentes cientistas que são imersas em um contexto histórico-social.

Nessa perspectiva, é importante ressaltar que alguns elementos presentes na proposta didática têm por finalidade contextualizar e reconhecer o papel de diferentes atores (cientistas) e suas contribuições na compreensão da incompatibilidade sanguínea humana, situando, na medida do possível, no tempo, os acontecimentos gerados. Dentre eles, no roteiro da aula prática destacamos a influência do trabalho de Jules Bordet (1870 – 1961) – que também estudou a aglutinação de hemácias em diferentes espécies – nas pesquisas

conduzidas por Landsteiner. Ainda, a história da ciência aponta para as contribuições de Adolf Creite (1847 – 1921), Leonard Landois (1837 - 1902), personagens pouco reconhecidos e com significativa contribuição nos estudos sobre hemoaglutinação.

Ao abordarmos a vida e o trabalho de Landsteiner (anexo 1), igualmente nos preocupamos em reconhecer o papel fundamental de outros cientistas na determinação dos sistemas ABO e Rh. Em conjunto, esse contexto fundamenta e fornece dados a serem utilizados para discutir a complexidade da construção do conhecimento e evitar a perpetuação de algumas deformações acerca do trabalho científico e da natureza da ciência, tais como, por exemplo, a ideia do cientista enquanto gênio isolado realizando experimentos e pronto a realizar uma “descoberta dada”. Por conseguinte, acreditamos que nossa proposta pedagógica tem o potencial de servir como

meio para o ensino de Grupos Sanguíneos sem, no entanto, perder de vista o contexto histórico, fundamental para que os estudantes possam desenvolver plenamente habilidades de leitura acerca da Ciência, seus atributos e implicações enquanto frutos do seu tempo.

Após a conclusão da atividade, seria interessante conversar com a turma sobre a vida e as diversas contribuições científicas de Karl Landsteiner. Possivelmente, eles ficarão surpresos ao saber que reproduziram e intelectualmente refletiram sobre um experimento que, em 1930, teve seus desdobramentos reconhecidos pela comunidade científica com a concessão do Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina a Landsteiner. Será instigante evidenciar para os alunos que eles têm a capacidade de compreender um trabalho científico deste porte, o que pode contribuir para aproximá-los da Ciência e do fazer científico.



AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao professor Raphael Henrique Sanches de Carvalho e Silva pelas discussões e elucidação de dúvidas acerca da utilização dos reagentes e das reações químicas, e à professora Elizabeth Bozoti Pasin pelas sugestões e leitura crítica desta proposta didática. Somos gratas aos avaliadores anônimos que, através de suas críticas e sugestões, contribuíram para o aprimoramento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ARNOLD, S. R. et al. The classroom-friendly ABO blood types kit: Blood agglutination simulation. *Journal of Biological Education*, v. 46, n. 1, p. 45–51, 2012.
- GOODIN, T. L. et al. Developing Clinical Reasoning Skills in teacher candidates using a Problem-Based Learning approach. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, v. 13, n. 1, 2018.
- HARRISON, T. Investigating blood types. *Science in School*, n. 32, p. 33–36, 2015.

RIBEIRO, L. R. C. *A aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores*. 2005. 209 f. Universidade Federal de São Carlos, 2005.

SCHWARZ, H. P.; DORNER, F. Karl Landsteiner and his major contributions to haematology. *British Journal of Haematology*, v. 121, p. 556–565, 2003.

SHARP, J. D.; SMAILES, D. L. A Simulation of the Blood Type Test forms. *The American Biology Teacher*, v. 51, n. 4, p. 232–233, 1989.

PARA SABER MAIS

Para mais aportes teóricos além daqueles referenciados, sugerimos a leitura da seguinte bibliografia:

Contribuições científicas de Karl Landsteiner

BATISTETI, C. B.; CALUZI, J.; SANDRA, E. et al. A abordagem histórica do Sistema de Grupo Sanguíneo ABO nos livros didáticos de Ciências e Biologia. *ANAIS do VI ENPEC*, 2007.

Além do conteúdo histórico acerca do sistema ABO, o trabalho analisa e critica a abordagem do tema nos livros didáticos à luz de alguns pressupostos da História da Ciência.

BATISTETI, C. B.; CALUZI, J. J.; DE ARAÚJO, E. S. N.; et al. O Sistema de Grupo Sanguíneo Rh. *Filosofia e História da Biologia*, v. 2, n. 2, p. 85–101, 2007.

Trabalho que contém uma análise histórica das principais contribuições científicas que levaram ao entendimento sobre o fator Rh.

GOLDMAN, A. S.; SCHMALSTIEG, F. C. Karl Otto Landsteiner (1868-1943): physician-biochemist-immunologist. *Journal of Medical Biography*, v. 27, n. 2, p. 67–75, 2019.

Artigo que fornece uma visão ampliada sobre a vida de Landsteiner e suas principais contribuições científicas além dos sistemas ABO e Rh.

HUGHES-JONES, N. C.; GARDNER, B. Historical Review. *British Journal of Haematology*, v. 119, p. 889–893, 2002.

Artigo que discute as contribuições de Adolf Creite, Leonard Landois e Karl Landsteiner, na compreensão acerca do fenômeno de aglutinação de hemácias.

Etapa 2 – Algumas sugestões de leitura para o docente

FARHUD, D. D.; YEGANEH, M. Z. A brief history of human blood groups. *Iranian Journal of Public Health*, v. 42, n. 1, p. 1–6, 2013.

O artigo apresenta um breve relato sobre a origem e evolução do sistema ABO.

GANNETT, L.; GRIESEMER, J. R. The ABO blood groups: mapping the history and geography of genes in *Homo sapiens*. In: Rheinberger H.-J., Gaudillière J.-P., editors. *Classical genetic research and its legacy*. Routledge; London and New York, 2004.

Leitura que fornece uma visão abrangente sobre os estudos acerca do sistema ABO e sua interseção com a Antropologia e a História.

O'NEIL, D. Modern human variation: an Introduction to Contemporary Human Biological Diversity https://www2.palomar.edu/anthro/vary/vary_3.htm, acessado em 17 de setembro de 2019.

Parte deste texto pode ser encontrado em português como leitura complementar ao capítulo 7 no livro César, Sezar e Caldini. Biologia 3, São Paulo, 10ª edição, Ed.: Saraiva; 2013.

Stanford at the Tech: <https://genetics.thetech.org/ask/ask342>, acessado em 17 de dezembro de 2019.

Pequeno texto que explica a provável ordem de surgimento dos alelos e pontua alguns aspectos evolutivos.

VIEIRA, Marcelo da Silva. *Abordagem genética e imunofisiológica dos Sistemas Sanguíneos ABO e Rh para melhor compreensão e ensino da Eritroblastose Fetal*. 2013. 1–29 f. PUC-Minas, 2013.

Material paradidático que oferece sugestões e discussões que ampliam o ensino do conteúdo Grupos Sanguíneos e ao mesmo tempo elucidam conceitos capciosos e/ou pouco abordados nos livros didáticos. Além disso, é uma boa fonte de consulta para auxiliar o docente na realização da Etapa 3.

História e Epistemologia da Ciência

AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. 2, p. 579–619, 2017.

HODSON, D. Experiments in Science and Science Teaching. *Educ. Philos. Theory*. 1988. v. 20, n. 2, p. 53–66, 1988.

MARTINS, L. A. P. A História da Ciência e o Ensino da Biologia. *Jornal Semestral do gepCE*, n. 5, p. 18–21, 1998.

PÉREZ, D. G. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência e Educação*, v. 7, n. 2, p. 125–153, 2001.

RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. A estrutura conceitual e epistemológica de uma descoberta científica: reflexões para o Ensino de Ciências. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 9, n. 2, p. 149–176, 2016.

ANEXO 1

Karl Landsteiner

Karl Landsteiner foi um médico e cientista de suma importância para o progresso da ciência, nascido em Viena, Áustria. Graduado pela Universidade de Viena (1891), já desenvolvia pesquisas no campo da bioquímica desde a graduação. Posteriormente, atuou em diversas áreas como bacteriologia, hematologia e imunologia, sem se distanciar da clínica. A partir de 1898, Landsteiner começou a trabalhar como assistente na mesma universidade e teve seu interesse despertado para estudar mecanismos de imunidade e da natureza de anticorpos.

Landsteiner deu seu primeiro passo na compreensão sobre incompatibilidade sanguínea em 1900, quando percebeu a formação de aglutinados após a mistura do sangue de diferentes indivíduos. No ano seguinte, identificou os grupos sanguíneos A, B e O, de acordo com as suas propriedades de aglutinação. O grupo sanguíneo AB seria descoberto em 1902, por Adriano Sturli (1873 – 1964), um de seus pupilos, e Alfred von Decastello-Rechtwehr (1872 – 1960). No ano de 1930 ganhou o prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina pela descrição do sistema de grupos sanguíneos humanos ABO. Suas contribuições estabeleceram fundamentos e possibilitaram práticas mais seguras de transfusão sanguínea. Apesar dos grandes avanços, reações transfusionais intragrupo ainda eram observadas, o que seria explicado a posteriori. Assim, em continuidade aos estudos imunohematológicos, em 1940, Landsteiner e Alexander Wiener (1907 – 1976) descreveram o fator Rh, contribuindo para o entendimento da doença hemolítica do recém-nascido e das reações transfusionais hemolíticas.

O cientista faleceu em 1943, deixando um grande legado envolvendo contribuições para o diagnóstico da sífilis, o isolamento do vírus que causa a poliomielite, o uso de derivados sanguíneos na hemoterapia, os estudos de haptenos, o conhecimento da hemoglobínúria paroxística noturna, dentre tantas outras.

