

Bioquímica e Função Renal: Utilizações de Sequências Didáticas com Enfoque Investigativo para Reaproximação de Conceitos Específicos

Biochemistry and Renal Function: Use of Inquiry-Based Teaching Sequences for Retrieval of Specific Concepts

Prislaine Pupolin Magalhães^I

Rodrigo Cardoso Oliveira^{II}

Daniela Ponce^{III}

Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani^I

RESUMO

As propostas de ensino atuais envolvem estratégias de ensino que auxiliam e incentivam a construção do conhecimento, fazendo com que o aluno seja um participante ativo do processo de aprendizagem, e têm sido alvo de diversas pesquisas. Este artigo relata, aula a aula, uma sequência didática realizada com alunos em fase inicial de formação, aplicada à primeira turma do curso de Ciências Médicas da USP – Bauru, que propõe em seu projeto pedagógico o Aprendizado Baseado em Problemas (PBL) como principal estratégia de ensino. Nesta sequência didática, utilizamos atividades experimentais investigativas. A característica principal de uma sequência didática que inclui atividades investigativas é seu processo evolutivo gradual, com o objetivo de entrelaçar a perspectiva científica e as concepções dos estudantes por meio de atividades de ensino-aprendizagem bem planejadas, contextualizadas e empiricamente adaptadas ao raciocínio do aluno. O objetivo deste trabalho é compartilhar uma vivência assertiva da aplicação de uma sequência didática de caráter investigativo contextualizada, que envolveu conceitos que foram desde as propriedades químicas mais simples das biomoléculas/ions até a associação e discussão de um caso clínico hipotético envolvendo proteinúria. Essa fisiopatologia consiste na excreção de proteína na urina, principalmente albumina, e ocorre quando há algum dano nos rins. Sendo assim, a dosagem da fração proteica na urina (albuminúria) é utilizada principalmente para detecção precoce de doença renal crônica e pode ser também um instrumento para o diagnóstico de doenças cardiovasculares. Portanto, deve-se estar atento aos possíveis elementos interferentes e às variadas causas de erros inerentes a esse exame. Desta maneira, por meio de um recurso didático que envolve atividades experimentais investigativas contextualizadas, tendo como questão problematizadora um caso de proteinúria, pudemos nos reaproximar de conceitos específicos e valorizar os saberes procedimentais e atitudinais, o que é importante para os alunos nesta fase de formação. Nesta proposta, os alunos foram protagonistas do processo de aprendizagem, no qual puderam levantar e testar suas hipóteses, interligando conhecimentos e adquirindo habilidades e competências específicas, o que possibilitou uma reflexão sobre a importância dos fundamentos e aplicações das ciências básicas. O propósito das sequências didáticas investigativas e contextualizadas é formar sujeitos autônomos, que saibam tomar decisões e trabalhar em equipe, seguros e críticos, compreendendo como os saberes científicos evoluem e estão relacionados.

PALAVRAS-CHAVE

- Sequências Didáticas.
- Atividades Investigativas.
- PBL.
- Proteinúria.

^I Universidade Estadual Paulista, Bauru, São Paulo, Brasil.

^{II} Universidade de São Paulo, Bauru, São Paulo, Brasil.

^{III} Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.

KEY-WORDS

- Didactic Sequences
- Inquiry-Based Teaching.
- PBL.
- Proteinuria.

ABSTRACT

Current teaching proposals involve teaching strategies that seek to assist and encourage the construction of knowledge by the students, turning them into active participants during the learning process and these have been the subject of several researches. This article reports a didactic sequence carried out with students of applied training for the first year Medical Sciences USP – Bauru, and proposes, as part of its pedagogical design, Problem Based Learning (PBL) as the main teaching strategy. In this didactic sequence we used experimental investigative activities. A didactic sequence that includes investigative activities can be characterized as a gradual evolutionary process, with the objective of intertwining the scientific perspective and the students' conceptions, through well-planned teaching and learning activities contextualized and empirically adapted to the student's reasoning. The objective of this work is to share an assertive experience of the application of a contextualized research didactic sequence that involved concepts ranging from the simplest chemical properties of biomolecules and ions to the association and discussion of a hypothetical clinical case involving proteinuria. Its pathophysiology consists of the excretion of protein in the urine, mainly albumin, and occurs when there is some damage to the kidneys. Therefore, the dosage of the protein fraction in urine (albuminuria) is mainly used for the early detection of chronic or acute kidney disease and can also be an instrument for the diagnosis of cardiovascular diseases. Therefore, one should be aware of the possible interferences and the various causes of errors inherent to this examination. In this way, through a didactic resource involving contextualized research experimental activities, having proteinuria as the key problem, we were able to re-approximate specific concepts and to value procedural and attitudinal knowledge, which is important for students in this training phase. In this proposal, the students were protagonists of the learning process, where they were able to raise and test their hypotheses, interconnecting knowledge, acquiring specific skills and competences, allowing reflection on the importance of fundamentals and applications of the basic sciences. The purpose of the investigative and contextualized didactic sequences is to form autonomous subjects, who know how to make decisions and work in teams and have a sound and critical understanding of how scientific knowledge evolves and is related.

Recebido em: 9/5/19

Aceito em: 30/5/19

INTRODUÇÃO

O currículo dos cursos superiores na área da saúde, como, por exemplo, o de Medicina, vem abandonando suas características tradicionais e passando por grandes reestruturações para a aquisição de competências que estejam de acordo com o mundo contemporâneo. Entre as estratégias utilizadas para as reformulações curriculares, podemos destacar a flexibilização da estrutura curricular, o que cria possibilidades (tempo) para outras atividades que favoreçam a formação humanística do estudante; e a utilização de novas estratégias de ensino que privilegiem a participação ativa do estudante, levando-o a ser protagonista do seu conhecimento. Neste último caso, podemos citar como exemplo a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) ou, em inglês, *Problem Based Learning (PBL)*¹. De acordo com Conceição e Moraes², a PBL atualmente é a

metodologia mais utilizada em cursos médicos brasileiros, pois pode promover a aprendizagem cooperativa com foco na construção do conhecimento de forma ativa, propiciando maior entrosamento entre os discentes e maximizando a interação entre ensino, assistência e pesquisa.

Neste sentido, foram realizadas mudanças na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, que, em 1993, reestruturou e implementou uma nova estrutura curricular, na qual o curso, agora intitulado Curso de Ciências Médicas, foi dividido em três fases (básica, clínica e internato, com dois anos de duração cada). Nesta proposta, as disciplinas tradicionais foram condensadas, ocorreu a inclusão de disciplinas optativas nos três primeiros anos do curso e há menções aos chamados recursos de autoaprendizado. Essa reestruturação também destinou tempo livre para que o estu-

dante tenha um contato mais precoce com a rede de saúde a fim de ter melhor formação ética e humanística, além de oferecer ao aluno a possibilidade de se dedicar à pesquisa científica em programas de iniciação científica da instituição³.

O projeto pedagógico do curso de Medicina na USP – Bauru, que ainda está em construção, parte da compreensão de que o estudante deve ser preparado para tornar-se o profissional e o cidadão que participará dos processos de desenvolvimento do conhecimento⁴. As atividades pedagógicas desenvolvidas têm o aluno como protagonista no processo de aprendizagem, e o professor como facilitador do processo, enfocando estratégias de ensino que envolvam a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) e envolvendo os alunos com a comunidade desde o início de seu processo de formação. O curso de Medicina de Bauru, iniciado em 2018, ao optar por utilizar estas concepções em seu projeto pedagógico, coloca-se em sintonia com as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Medicina, aprovadas em 2014. Assim, espera-se contribuir para formar um profissional mais realizado e mais seguro, adequado às necessidades da população e ao mercado de trabalho⁴.

Diante do exposto, subentende-se que o ensino tradicional esteja superado. Com base nesta premissa, detalhamos, neste trabalho, uma sequência didática (SD) com ênfase investigativa como proposta metodológica para o ensino de Bioquímica a alunos dos anos iniciais dos cursos superiores em Ciências Médicas, Farmacêuticas e Biomédicas, entre outros. Podemos definir uma SD como um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que tem um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos⁵. Desta maneira, entendemos a SD como um conjunto de atividades planejadas para ensinar um ou mais conceitos e/ou conteúdos, etapa por etapa, organizada de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar para a aprendizagem em qualquer dos níveis de escolaridade. Para alcançar os objetivos de aprendizagem em uma SD, deve-se estar atento ao planejamento, que possui papel crucial e deve ser flexível a fim de atender as necessidades dos alunos, engajando-os e aguçando a curiosidade e atrelando atividades variadas aos conteúdos, que neste caso abrangem desde conceitos básicos a clínicos.

Desta maneira, a SD deve ser composta de recursos e orientações claras, podendo ter variadas estruturas, realizadas em diversas áreas do conhecimento. Segundo Zabala⁵, a estrutura da SD deve se fundamentar no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes para determinado conteúdo, com base nas concepções alternativas e nas dificuldades de aprendizagem deles. Deve possuir objetivos de aprendizagem que valorizem o protagonismo do estudante, abordando tan-

to conteúdos conceituais como procedimentais e atitudinais, além de utilizar variadas estratégias e recursos didáticos multivariados; não deve ter as aulas expositivas como foco principal (recomenda-se o máximo de 20%); quando houver, devem ser expositivas dialogadas. Finalmente, recomenda-se avaliação processual e formativa no decorrer da SD. As atividades experimentais investigativas são uma boa estratégia, uma vez que as metodologias ativas privilegiam práticas de aprendizagem do tipo *hands on*, ou seja, praticando.

Existem dois tipos principais de atividades experimentais. As atividades experimentais tradicionais incluem, em grande maioria, experimentos demonstrativos, realizados apenas pelo professor para apreciação dos alunos, ou situações em que o aluno realiza seus experimentos, porém, na maioria das vezes, por meio de roteiros experimentais fechados⁶, inseridos em apostilas preestabelecidas. Geralmente, têm como objetivo principal mostrar ou provar teorias, sendo que o aluno geralmente conhece de antemão os resultados esperados, muitas vezes ditos pelo próprio professor. Já as atividades experimentais investigativas não têm o professor como único detentor do saber e não seguem roteiros do tipo receita; é uma metodologia ativa contextualizada, na qual o aluno deve se engajar para resolver um problema com os aparatos disponíveis. Envolve etapas de pesquisa, planejamento, levantamento de hipóteses, trabalho e discussões com os pares, estimulando o pensamento científico e incentivando o aluno a pensar, a trabalhar em equipe e a elaborar suas conclusões. Além disso, nesta proposta, o professor atua como mediador do processo de aprendizagem, aprendendo com as discussões trazidas pelos alunos durante a atividade e refletindo, o que torna o aprendizado mútuo e construtivo, longe da chamada “zona de conforto”. Em contrapartida, na atividade experimental tradicional, o professor é considerado o detentor do saber, fornecendo explicações e estratégias de como chegar ao resultado esperado, evitando intercorrências.

Por outro lado, as atividades experimentais investigativas vão além do reconhecimento de fenômenos, pois são planejadas para proporcionar a elaboração de conceitos e o desenvolvimento de habilidades de pensamento relacionadas aos processos da ciência, tornando as vivências de laboratório *minds on* e não apenas *hands on*. Como já citado, um erro constante dos professores durante aulas experimentais seria provar teorias. O fato de o experimento não funcionar ou “dar errado” não muda a teoria, nem a anula⁷. A filosofia e a história da ciência nos mostram a importância de refletir sobre os fenômenos para a construção do conhecimento científico, uma vez que a ciência se constrói por um processo não linear de reflexões, debates e embates entre pesquisadores e grupos de pesquisa, alguns renomados e outros quase anônimos, pautados

em aspectos teóricos e fenomenológicos, cujos membros possuem diferentes crenças, valores, interesses, conhecimentos e propósitos. Além disso, podemos considerar a metodologia de ensino experimental tradicional ultrapassada para alunos contemporâneos, que têm acesso fácil e prático a informações.

Situações problematizadoras são cruciais em atividades investigativas, nas quais o professor provoca o interesse e instiga os alunos tendo por base um problema cuja tentativa de resposta leva à elaboração de hipóteses explicativas. Desta maneira, questionar, criar hipóteses e participar da discussão são habilidades que proporcionam melhor assimilação do conteúdo estudado. Suart e Marcondes⁸ argumentam que:

Se o estudante tiver a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas da investigação, ele poderá ser capaz de elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, aprendendo sobre os fenômenos químicos estudados e os conceitos que os explicam, alcançando os objetivos de uma aula experimental que privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e de raciocínio lógico. (p. 11)

As SD que contêm atividades investigativas podem abranger conceitos básicos, como neste exemplo, iniciando-se com a Bioquímica e chegando até a discussão de uma fisiopatologia relacionada com um estudo de caso hipotético. A Bioquímica, por sua vez, é uma disciplina fundamental para cursos da área de saúde. Compreende o estudo da vida em seu plano molecular, sendo uma ciência multidisciplinar que utiliza métodos e estratégias das diferentes áreas, que juntas podem resolver problemas. Desta maneira, além de ser importante para o aluno ter contato com um simples tubo de ensaio e observar algumas reações orgânicas simples, é imprescindível conectar diversos conceitos para compreender a dialética saúde-doença. Os conteúdos de Bioquímica, principalmente experimental, podem ter abordagens qualitativas e quantitativas e ainda são trabalhados de maneira individualizada em muitos cursos, ou seja, uma aula sobre proteína, outra aula sobre lipídeos, etc. Geralmente nos anos iniciais, as aulas conhecidas por “ciclo básico” estão desvinculadas de problematização adequada, provavelmente devido à complexidade de seus conteúdos/conceitos específicos, o que distancia os saberes básicos dos clínicos/patológicos.

Nos cursos de Ciências da Saúde, além dos laboratórios didáticos e suas práticas, é essencial a vivência e compreensão dos alunos sobre a importância dos Laboratórios de Análises Clínicas (LAC) no auxílio de diagnóstico, prognóstico, terapias, evolução e prevenção de enfermidades⁹, existindo um vínculo permanente entre a clínica e a bioquímica clínica. Estudos realizados com mais de 4 mil pacientes mostraram que

muitas consultas culminaram na solicitação de exames complementares. De acordo com Capilheira e Santos¹⁰, 67,6% dos pacientes tiveram um exame laboratorial pedido. Entre eles, o exame de urina é um dos testes mais solicitados, sendo um exame simples, que fornece informações importantes na triagem metabólica, além de apresentar dados para o auxílio no diagnóstico e na prevenção das doenças renais¹¹.

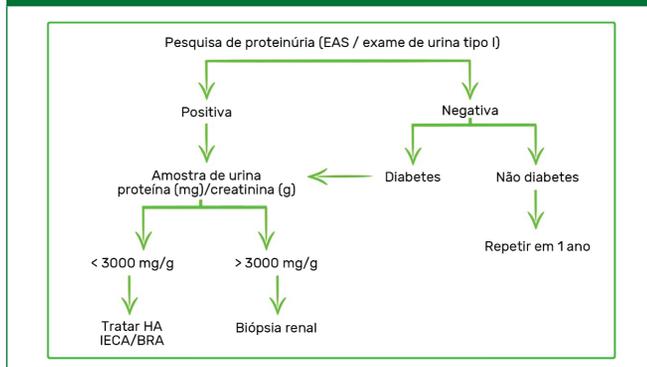
Existe uma mentalidade tecnicista a respeito dos exames laboratoriais, pois a praticidade dos kits ou “fitinhas” fez com que os usuários deixassem de refletir sobre as reações básicas ou como se aprimorou determinada técnica, como, por exemplo, como são determinados os valores de referência. É necessário também levar em conta quais cuidados experimentais tomar, por que e como interpretar esses exames e como escolher o método mais adequado. Igualmente, compreender o que significa o “branco” ou “amostras ou valores de referência” em uma análise bioquímica. Por conseguinte, com a sequência didática proposta neste trabalho, o aluno vivencia todas as etapas do conhecimento científico, desde as propriedades químicas mais simples das biomoléculas até sua aplicação prática, como no caso de nefrologia aqui relatado.

Proteínas em pequena quantidade e de baixo peso molecular podem ser filtradas pelo glomérulo e reabsorvidas no túbulo proximal, considerando-se fisiológico proteinúria e albuminúria inferiores a 300 mg/d e 30 mg/d, respectivamente¹². Níveis de albuminúria entre 30 mg/dia e 300 mg/dia são definidos como albuminúria de segundo grau, e sua presença é marcador de nefropatia incipiente¹³. Já a albuminúria de terceiro grau é caracterizada pela quantificação de albumina na urina superior a 300 mg/dia, nível este já detectado no exame da fita, ou seja, qualitativamente¹⁴. A síndrome nefrótica é definida como a presença de albuminúria superior a 3 g em 24 horas e geralmente encontrada nas glomerulopatias.

A fisiopatologia da albuminúria ainda é motivo de estudos e controversa. As teorias mais conhecidas são as chamadas *overflow*, ou seja, a causa seria o aumento da pressão hidrostática dentro das alças capilares glomerulares, e a *underfilling*, que atribui a causa da albuminúria à diminuição da pressão oncótica¹⁵. Anormalidades no endotélio glomerular também podem explicar a perda de albumina pela barreira glomerular¹⁶. Portanto, em pacientes com risco de desenvolver doença renal crônica, ou seja, nos portadores de hipertensão arterial, diabetes, doenças autoimunes, com história familiar de doença renal e idosos, recomenda-se a análise do sedimento urinário para pesquisa qualitativa de proteína.

Se proteinúria for identificada no exame qualitativo, recomenda-se sua quantificação em amostra isolada de urina (Figura 1) por meio da relação proteína (mg)/creatinina (g), a

FIGURA 1
Pesquisa de proteinúria



Fonte: Autores.

qual apresenta excelente correlação com a proteinúria aferida durante coleta de urina em 24 horas¹⁷.

A presença de proteinúria implica pior prognóstico renal e cardíaco, enquanto sua remissão resulta em maior preservação da função renal e redução de eventos cardiovasculares¹⁸. O controle pressórico é benéfico na redução da proteinúria e da velocidade de progressão da DRC tanto em pacientes diabéticos como em não diabéticos^{18,19}. Os inibidores da enzima de conversão da angiotensina (Ieca) e os bloqueadores do receptor da angiotensina (BRA) são as drogas de escolha para tratamento. A biópsia renal é indicada na presença de síndrome nefrótica para o diagnóstico e tratamento específico das glomerulopatias, o que inclui a imunossupressão. Partindo-se destas premissas é que se propõe esta SD com o objetivo de integrar os conceitos discutidos acima.

METODOLOGIA

Esta SD foi desenvolvida com 30 alunos do primeiro ano do curso de Medicina da USP – Bauru. A sequência didática foi proposta durante o módulo 4 (Homeostase 1) e foi realizada pelos professores de Bioquímica e Nefrologia da instituição. O objetivo principal do módulo foi caracterizar o conceito de homeostasia e o envolvimento dos diferentes sistemas no equilíbrio hidroeletrólítico (absorção e excreção) e ácido-básico gerado pelo sistema renal e sua influência na regulação da pressão arterial sistêmica e na homeostase. Com base nas instruções e mediação dos professores, os alunos utilizaram seus conhecimentos de fisiologia renal e bioquímica para planejar e executar experimentos numa sequência de aulas. As atividades foram realizadas em seis grupos de cinco alunos, e as aulas experimentais ocorreram no laboratório de microbiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB-USP). Os alunos

participaram voluntariamente da sequência, e todas as aulas foram ministradas no contraturno.

A SD foi desenvolvida em seis aulas com 50 minutos de duração. Como mencionado, a maioria das aulas foi experimental, e as expositivas dialogadas foram dedicadas às etapas de planejamento, sistematização e discussão de conhecimentos elaborados pelos grupos. A SD proposta teve como pré-requisito a bioquímica básica e poderá ser reproduzida por outros cursos superiores de Ciências da Saúde, como Medicina, Biomedicina e Enfermagem, entre outros, quando forem discutidos conceitos de fisiologia envolvendo homeostasia e caracterização do equilíbrio hidroeletrólítico (absorção e excreção) e ácido básico gerado pelo sistema renal. Assim, com base nas instruções e mediação dos professores, os alunos utilizam seus conhecimentos de fisiologia renal e bioquímica para planejar e executar os experimentos. O Quadro 1 apresenta uma síntese das seis aulas propostas na SD e seus objetivos principais, cujos detalhes serão discutidos na descrição de cada aula.

Foram disponibilizados aos grupos tubos com estante, pipetas Pasteur de plástico, pisseta com água destilada, bico de Bunsen, alças de platina, termômetro digital, fita universal de pH, banho-maria em 100 °C e balança analítica. Além desses materiais e equipamentos, os estudantes poderiam solicitar outros reagentes, materiais e equipamentos simples que julgassem necessários dentro da proposta. Também foi informado que a presença de íons ferro, creatinina e ácido úrico foi descartada na amostra desconhecida “X”. Durante as atividades envolvendo bioquímica experimental, caso necessário, poderiam ser revisados sucintamente, sob uma perspectiva prática, conceitos de análise química quantitativa e/ou qualitativa, numa escala semimicro analítica. Como exemplo, temos propriedades organolépticas, reações de complexação e precipitação, solubilidade e transferência de calor, testes de chama e de pH com fita universal e outros fenômenos experimentais com que os alunos poderiam se deparar durante a atividade experimental proposta nesta SD.

Descrição aula a aula

Aula 1: Como a ciência nos ajuda a resolver problemas?

Esta aula foi iniciada com um problema de ordem prática, com o exemplo a seguir (caso hipotético):

Mulher de 32 anos, previamente hígida, iniciou quadro de hipertensão (PA = 160 x 100 mmHg) e edema de membros inferiores e face há três meses. Nega hematúria, disúria, dispneia e ortopneia. Após elaboração de suas hipóteses diagnósticas, o médico solicitou dois exames de urina: exame de elementos e sedimentos anormais (EAS,

QUADRO 1
Quadro sintético de aulas e seus objetivos principais

Aula	Objetivo
1 – Problematização	Apresentar o caso clínico e a importância de descobrir e quantificar o conteúdo presente na amostra desconhecida "X". Discutir técnicas analíticas simples e como elas podem ajudar na identificação e quantificação de compostos.
2 – Conhecendo um pouco de Química e suas análises	Familiarizar-se com os conceitos de analito, padrão e reagentes e seus significados. Escolher as análises que possam ajudar a elucidar o caso clínico, levantar hipóteses e planejar os testes experimentais dentro das possibilidades cabíveis na proposta.
3 – Atividade no Laboratório de Bioquímica: pesando uma amostra	Aprender o funcionamento e cuidados ao se utilizar a balança analítica. Vivenciar técnicas indiretas de pesagem de soluções, retomando conceitos de diluição de soluções.
4 – Atividade no Laboratório de Bioquímica – Parte A	Vivenciar atividades experimentais investigativas. Realizar os testes de análise com os padrões escolhidos no planejamento.
5 – Atividade no Laboratório de Bioquímica – Parte B	Realizar análise qualitativa bioquímica da amostra desconhecida, "amostra X".
6 – Atividade no Laboratório de Análises Clínicas	Visita a um LAC. Familiarizar-se com a rotina do laboratório de análises clínicas, realizando imersão neste espaço, conhecendo a rotina de biomédicos e sanando dúvidas. Realizar testes rápidos rotineiros nos laboratórios de biomedicina e refletir sobre a importância e funcionalidade dos kits utilizados, revendo a prospecção da substância "X" neste espaço.
Síntese das atividades realizadas e formulação dos conceitos envolvidos no processo.	

Fonte: Autores.

* A amostra "X" é a amostra desconhecida, constituída por uma solução 0,05 g/mL de albumina.

também conhecido como urina 1); na outra amostra, que consistia em urina 24 horas, foi purificada sem perdas uma substância X. Cabe ao seu grupo realizar a análise quantitativa (por pesagem) e qualitativa dessa substância.

Com base na problematização abordada, foi solicitado aos alunos que elaborassem um plano de atividades experimentais justificado, incluindo os principais componentes da urina que pudessem ser quimicamente identificados. O problema experimental foi norteado pela seguinte questão: Como podemos identificar os componentes químicos da urina? Como esses componentes podem ser identificados? Neste momento, foram apresentados, para familiarização, os conteúdos das caixas 1 e 2 (Quadro 2). Estes materiais estavam bem organizados, bem etiquetados para serem intrigantes e de fácil manejo, e os alunos conseguiram, em grupo, discutir e explorar situações numa perspectiva científica, propondo hipóteses explicativas e possíveis caminhos experimentais.

Esse primeiro contato com os aparatos, mesmo que em sala de aula, foi importante para preparar os alunos para a etapa seguinte: planejamento e sistematização das análises dos padrões com base nos materiais fornecidos.

Para nortear a curiosidade, a seguinte questão foi dirigida aos grupos: quais os valores de referência desses componentes na urina normal? Começou, então, com recursos físicos ou digitais, o processo de planejamento por meio de pesquisa na literatura da área, iniciando as reflexões sobre as possibilida-

QUADRO 2
Content of boxes 1 and 2 delivered to the students for the planning

Caixa 1: "reagentes"	Caixa 2: "padrões"
1. CuSO ₄ 1%	1. Cloreto de sódio – padrão de íons sódio e cloreto
2. NaOH 2,5 mol/L	2. Enxofre
3. AgNO ₃ 0,1 mol/L	3. Cloreto de cálcio – padrão de íons cálcio e cloreto
4. Citrato de sódio 10%	4. Bicarbonato de sódio – padrão de íons bicarbonato e sódio
5. Tintura de iodo	5. Albumina
6. HCl 1,0 mol/L	6. Ureia
	7. Amido
	8. Lipídeo
	9. Glicose
	10. Cloreto de amônio – padrão de íons amônio e cloreto

Fonte: Autores.

des experimentais e clínicas, sempre norteado pelos professores responsáveis. Todas as observações, dúvidas e resultados foram anotados em um caderno de laboratório, pertencente ao grupo.

Aula 2: Colocando a "mão na massa"

O objetivo desta aula, que pode ser realizada tanto em sala quanto no laboratório, foi compreender na prática o conceito de amostra padrão e reagentes, correlacionando alterações dos componentes químicos estudados com possíveis patolo-

gias. Continuando a aula 1, foi problematizado: quais componentes químicos/bioquímicos poderão estar com valores alterados de acordo com o caso clínico? Este foi o momento de associação com o caso clínico mediante levantamento de hipóteses, além da conscientização de que não podemos realizar experimentos “aleatoriamente”, devido a fatores como o tempo e gasto de reagentes, entre outros. Este foi o momento de escolher padrões que seriam mais “prováveis” para elucidar o caso clínico e descobrir como é possível elaborar estratégias de análise com base nos reagentes fornecidos e realizar esses experimentos, testes físico-químicos, com o aparato experimental disponível. Para isso, os alunos já tinham em mãos as duas caixas de reagentes (Quadro 2), uma caixa identificada como “padrões” e outra caixa identificada como “reagentes”, além da amostra desconhecida “X”, introduzindo o conceito de analito, reagente e padrão.

Neste instante, eles vivenciaram os conteúdos das duas caixas, abriram os frascos e exploraram o material. A partir deste momento, iniciaram a discussão em grupo sobre quais “padrões” poderiam estar relacionados com o caso clínico, ou seja, qual poderia ser um indício de um diagnóstico, e também traçaram uma sequência de análises que sistematizava o conhecimento teórico-prático. Todas as proposições, após pesquisa realizada pelo grupo, foram anotadas nos diários de laboratório do grupo e encaminhadas em cópia ao professor.

Aula 3: Qual a massa da amostra “X”?

Nesta aula experimental, realizada em laboratório, os alunos vivenciaram a atividade de pesagem em balança analítica. Num primeiro momento, os grupos tiveram acesso à problemática: qual a massa da amostra “X”?

Encontraram na lousa as seguintes informações sobre a amostra desconhecida “X” (analito):

I. *Substância sólida à temperatura ambiente, solúvel em água destilada.*

II. *Concentração da solução onde está a amostra “X” é de 0,05 g/mL e foi diluída dez vezes.*

III. *A massa do frasco vazio com a tampa está anotada no frasco.*

IV. *A amostra contém exatamente 10 g de solvente, no caso, água destilada.*

V. *É possível solicitar vidrarias e equipamentos que julguem necessários, dentro da proposta e das possibilidades do laboratório didático.*

Os grupos propuseram o uso da balança analítica. Uma vez pesada a amostra, obtiveram, por meio de cálculos simples, a massa do soluto. Neste momento, é interessante que

o professor ou um técnico esteja auxiliando na pesagem, pois os grupos poderão obter uma explicação rápida do funcionamento padrão de uma balança de laboratório.

Nessa ocasião, foram lembradas também estratégias e cálculos que envolvem conceitos de soluções, diluição e pesagem, que são muito importantes para a prática médica, seja na interpretação de um exame, seja na administração de um medicamento solúvel, entre outras atividades.

Considerando-se os erros, a quantidade encontrada deve ser de 4,5 g de soluto (albumina, porém até então esta informação era desconhecida pelos grupos) numa amostra hipotética de urina 24 horas.

Aula 4: O que é a amostra “X”?

Nesta aula experimental, também realizada em laboratório, os alunos foram abordados com a seguinte questão: Qual é a composição química/bioquímica da amostra “X”?

Cada grupo seguiu seu planejamento, solicitando ajuda quando necessário. Neste momento, o professor deve se policiar no diálogo, tomando cuidado para não indicar a resposta. Habilidades relacionadas a conteúdos procedimentais serão desenvolvidas durante a manipulação, aquecimento e pesagem, bem como conteúdos atitudinais foram desenvolvidos (o tempo foi relativamente curto). Os alunos tiveram que se organizar e trabalhar em equipe. Eles também perceberam que, em alguns casos, o planejamento realizado foi insuficiente para resolver o problema, sendo necessário um replanejamento, o que muitas vezes ocorre nas atividades médicas. Durante todo o tempo, puderam utilizar os celulares como ferramenta de pesquisa e fazer perguntas aos professores e ao técnico responsável pelo laboratório.

Aula 5: Como confiar no resultado?

Uma vez encontrado o analito e sua concentração, os grupos foram questionados com relação à confiabilidade de seus resultados. Para isso, foi dirigida a seguinte questão: Como vocês podem ter certeza do resultado? Neste momento, discute-se a importância de repetir o experimento com a amostra desconhecida “X” e o padrão albumina nas mesmas condições experimentais, cujo roteiro e método devem ser propostos pelo grupo, pois é importante saber que em análise laboratorial é necessário confirmar os resultados, fazendo uso do mesmo protocolo, nas mesmas condições experimentais – ou seja, utilizando a mesma quantidade de analito e de reagentes, a sequência de análise e tempo de reação –, validando o método e o resultado. Nesta etapa, cada grupo criou um protocolo de análise de proteínas diferente, que foi discutido brevemente. A aprendizagem esperada é que as técnicas podem ser cria-

das com base em padrões e reagentes, que podemos adaptar ou rearranjar determinadas análises, superando alguns dogmas a respeito dos métodos, indicando que algumas adaptações podem ser feitas, desde que padronizadas, testadas previamente e embasadas teoricamente. Essa noção de padronização é importante, pois garante confiabilidade e segurança ao se dizer: a amostra "X" contém certa quantidade de proteína. O estudante deve refletir e sentir-se seguro sobre práticas manipulativas em química, pela necessidade de adaptações, como, por exemplo, a necessidade de diluir um medicamento.

Aula 6: Como funciona um laboratório de Análises Clínicas (LAC)?

Nesta última etapa, divididos em grupos, os alunos visitaram um LAC, onde conheceram a rotina dos profissionais da área. Os estudantes discutiram sobre os principais testes e equipamentos, com ênfase em urianálise. Neste momento, foi levantada a seguinte questão para reflexão: Como a química/bioquímica está relacionada com o diagnóstico de patologias?

Os grupos tiveram contato com *kits* padronizados de análises laboratoriais e responderam à seguinte questão problematizadora: Como fazer um teste bioquímico para identificação de proteína? Realizaram testes práticos, em que ficaram atentos a questões importantes, como prazo de validade e metodologias de utilização, entre outras. Tendo contato com os *kits* de análise, na última etapa da sequência didática, os alunos compreenderam como as análises brutas podem ser refinadas, gerando testes seguros e rápidos, o que os auxilia no diagnóstico rápido de algumas patologias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta perspectiva, a sequência didática envolvendo atividades experimentais investigativas pode ser utilizada como estratégia de ensino para articular e aproximar conceitos básicos e clínicos, que geralmente são conteúdos específicos e complexos. Sequências didáticas claras bem elaboradas, que envolvam atividades experimentais investigativas, seriam uma boa alternativa para os docentes e alunos, pois podem sustentar e explicar os processos educativos, uma vez que os alunos possuem perfil heterogêneo, pois na maioria dos casos concluíram o Ensino Médio vivenciando raras experiências práticas.

O resultado encontrado para a solução do problema, ou seja, a identificação da amostra "X", foi dado pela reação de biureto, sugerindo a presença de proteína cuja massa previamente determinada corresponde a cerca de 4,5 gramas. Todos os grupos chegaram ao resultado final com êxito.

O Quadro 3 apresenta valores de referência relativos e sugestões de possíveis correlações clínicas, devendo ser discutido na atividade síntese para a correta formulação dos conceitos adquiridos nesta sequência.

Neste momento, o professor deve dirigir aos alunos questões de elevada ordem cognitiva, associando conceitos fundamentais e correlacionando todas as etapas.

A abertura na atividade experimental aqui exposta resulta em um nível de alta exigência cognitiva²⁰, uma vez que os alunos elaboraram seus próprios procedimentos para testar as hipóteses apresentadas e selecionadas para investigação. Com a mediação do professor, os alunos executaram com sucesso seus próprios experimentos e testaram suas hipóteses para a resolução do problema. Neste sentido, as perguntas dos pro-

QUADRO 3

Valores de referência* na urina normal dos componentes químicos utilizados na atividade e possíveis correlações clínicas

Padrão	Valores de referência*	Exemplos de patologias relacionadas
1. Sódio	Fração de excreção < 1% (< 2,5/dia)	Doença renal crônica
2. Enxofre	0	Ingestão de alimentos como aspargos, peixes, cebola, alho, entre outros
3. Cálcio	< 4 mg/kg/dia (< 250 mg)	O excesso de cálcio na urina pode indicar cálculos nas vias urinárias ou nefrite
4. Bicarbonato de sódio (íons sódio e bicarbonato)	Fração de excreção < 5%	Cetoacidose
5. Albumina	< 30 mg/dia	Proteinúria – síndrome nefrótica
6. Ureia	Fração de excreção < 35%	Não existe, mas poderia indicar desidratação
7. Amido	0	Não existe
8. Lipídeo	0	Não existe
9. Glicose	Fração de excreção < 0,15%	Diabetes mellitus
10. Cloreto de amônio (íons cloreto e amônio)	26-68 uEq/min/1,73 m ²	Desidratação

Fração de excreção "X" = X urinário/Cr urina ÷ X plasmático/Cr plasmática.

* Valores de referência relativos apresentados com objetivos didáticos (não absolutos em fração de excreção, ou seja, considerando a creatinina plasmática e urinária).

Fonte: Autores.

fessores tiveram um papel crucial, pois graças a esta mediação os alunos se engajaram efetivamente no processo de aprendizagem, estando o interesse diretamente ligado ao aprender. Além disso, sabemos que não se pode esperar que o aluno desenvolva uma resposta de alto nível cognitivo se não for estimulado para isto^{21,22}.

Yarden *et al.*²³, numa pesquisa realizada para identificar o nível cognitivo das perguntas elaboradas por alunos, verificaram que o nível cognitivo de respostas feitas pelos estudantes é determinado pelo tipo de questão que é requerido pelo professor. Essas afirmações fortalecem a importância da mediação do professor na construção do conhecimento pelos alunos contemporâneos.

Os componentes químicos enxofre, amido e lipídeo foram descartados por todos os grupos, uma vez que os estudantes sabiam da impossibilidade de serem encontrados numa amostra de urina, mesmo de um paciente doente. Assim, testes com estes compostos não foram cogitados/realizados por nenhum grupo. Por outro lado, os alunos em formação inicial tiveram interesse em realizar experimentos exploratórios, que, apesar de não condizerem com o caso clínico, despertaram a curiosidade dos estudantes, uma vez que muitos não tiveram a vivência experimental aqui exposta. Como exemplos, foram realizados testes de chama dos íons sódio e potássio e reações de complexação amido-iodo, entre outros.

No final da sequência didática, na atividade síntese, os grupos discutiram seus resultados, os caminhos práticos e sua fundamentação (Figura 1). Todos, assertivamente, chegaram ao resultado final e puderam confirmar, com segurança e precisão, o diagnóstico de proteinúria, discutindo as principais causas e possíveis tratamentos.

CONCLUSÃO

Atualmente, os cursos de graduação em Ciências da Saúde das instituições públicas e privadas brasileiras estão aderindo a uma nova modalidade de ensino, baseada em metodologias ativas. Por sua vez, os professores se esforçam ao máximo para contextualizar os conteúdos, porém encontram dificuldades de integrar alguns conceitos, devido à especificidade e complexidade dos mesmos, uma vez que os docentes destes cursos possuem formação específica em diversas áreas da Medicina, Biologia e Farmácia, entre outras. É importante ressaltar que as SD como a aqui documentada podem ser transformadas e adaptadas de acordo com a necessidade, uma vez que as turmas são diferentes. Além disso, essas atividades são adequadas à nova modalidade de ensino, adotada recentemente pelas principais universidades, baseada na resolução de problemas em metodologias ativas e *PBL*. Desta maneira, os alunos poderão integrar conceitos de bioquímica básica e

seus fundamentos e observar que estes são importantes, pois suas propriedades químicas peculiares são utilizadas para realizar análises fisiopatológicas, integrando conceitos e tornando o aprendizado mais atraente e interessante.

Acreditamos que as sequências didáticas investigativas possam desenvolver habilidades específicas, aperfeiçoando o processo de ensino e aprendizagem. Neste sentido, devemos dinamizar práticas dialógicas constitutivas da construção de conhecimento fundamentada na troca de saberes advindos das múltiplas e variadas áreas, objetivando a interligação de conteúdos e conceitos.

Refletindo sobre as percepções que obtivemos nesta experiência, propomos que sequências didáticas investigativas podem proporcionar um ensino sistematizado de conceitos específicos e complexos, integrando diferentes áreas do conhecimento e garantindo a participação efetiva dos estudantes. Nesta proposta, o aluno terá a liberdade de planejar seu experimento, errar, tentar de novo, discutir hipóteses, trabalhar em grupo, desenvolvendo habilidades cognitivas por meio de associações entre ciência básica e clínica, refletindo sobre a construção do saber médico.

AGRADECIMENTOS

A Thelma Lopes da Silva (Especialista de Laboratório FOB – USP), a Sílvia Cristina Arantes (Chefe da Sessão Técnica do Laboratório de Análises Clínicas do HRAC – USP) e aos alunos da primeira turma do curso de Medicina FOB – USP Bauru.

REFERÊNCIAS

1. Barrows HS. A taxonomy of problem-based learning methods. *MedEduc*, Nov, 20(6),481-6, 1986.
2. Conceição CV, Moraes MAA. Aprendizagem Cooperativa e a Formação do Médico Inserido em Metodologias Ativas: um Olhar de Estudantes e Docentes. *Revista brasileira de educação médica*, Brasília, 42(4), p. 115-122, Dezembro de 2018. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-5022018000400115&lng=en&nrm=iso. Acesso em 26 de Março de 2019.
3. Prado W. Desenvolvimento e implantação da nova estrutura curricular na faculdade de medicina de ribeirão preto: dificuldades e avanços. *Medicina (Ribeirão Preto. Online)*,29(4), 373-382, 1996. Disponível em <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v29i4p373-382>. Acesso em 30 de Março de 2019.
4. Universidade de São Paulo. Proposta do Projeto Pedagógico do Curso de Medicina de Bauru, Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/jupCarreira.jsp?codmnu=8275>. Acesso em 04 de Março de 2019.

5. Zabala A. *Prática Educativa: como ensinar*. Porto Alegre: ARTMED, 1998.
6. Domin DS. A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76 (4), 543-547, 1999.
7. de Souza FL, Akahoshi LH, Marcondes MER, do Carmo MP. Atividades experimentais investigativas no ensino de química. São Paulo: EDUSP, 2013. Disponível em: http://media.wix.com/ugd/4eb63d_e80a97ccab0e484b9582e3e-7dfe129f5.pdf. Acesso em 02 de Janeiro de 2019.
8. Suart RC, Marcondes MER. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. *Ciência & Cognição*, 14(1), 50-74, 2009.
9. Chaves CD. Controle de qualidade no laboratório de análises clínicas. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, 46(5):352, 2010.
10. Capilheira MF, Santos IS. Epidemiologia da solicitação de exame complementar em consultas médicas. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, 40(2), 289-297, Abril de 2006. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102006000200015&lng=en&nrm=iso. Acesso em 02 de Abril de 2019.
11. Cézar FM. Controle de qualidade laboratorial: uma atualização em urinálise. Universidade Federal do Paraná, 29p, 2016.
12. Russo LM, Sandoval RM, Mckee M, Osicka TM, Collins AB, Brown D, et al. The normal kidney filters nephrotic levels of albumin retrieved by proximal tubule cells: retrieval is disrupted in nephrotic states. 71(6):504-513, *Kidney Int*. 2007.
13. Bastos MG, Bregman R, Kirsztajn GM. Chronic kidney diseases: common and harmful, but also preventable and treatable. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 56(2):248-253, 2010.
14. Guh JY. Proteinuria versus albuminuria in chronic kidney disease. *Nephrology (Carlton)*, 15(Suppl 2):53-56, 2010.
15. Volpe M, Cosentino F, Ruilope LM. Is it time to measure microalbuminuria in hypertension? *Journal of Hypertension*, 21(7):1213-1220, 2003.
16. Clausen P, Jensen JS, Jensen G, Borch-Johnsen K, Feldt-Rasmussen B. Elevated urinary albumin excretion is associated with impaired arterial dilatatory capacity in clinically healthy subjects. *Circulation*, 103(14):1869-1874, 2001.
17. Ginsberg J, Chang BS, Matarese RA, Garella S. Use of single voided urine samples to estimate quantitative proteinuria. *The New England Journal of Medicine*, 309:1543-1546, 1983.
18. Hou FF, Zhang X, Zhang GH, Xie D, Chen PY, Zhang WR, et al. Efficacy and safety of benazepril for advanced chronic renal insufficiency. *The New England Journal of Medicine*, 354(2):131-140, 2006.
19. Kunz R, Friedrich C, Wolbers M, Mann JF. Meta-analysis: effect of monotherapy and combination therapy with inhibitors of the renin angiotensin system on proteinuria in renal disease. *Annals of Internal Medicine*, 148(1):30-48, 2008.
20. Zuliani SRQA. A utilização da Metodologia Investigativa na Aprendizagem de Química Experimental. Dissertação de mestrado em Educação para as Ciências. Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Bauru, São Paulo, 288p, 2000.
21. Sasseron LH, Carvalho AMP. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de toulmin. *Ciência e educação*, Bauru, São Paulo, 17(1):97-114, 2011. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132011000100007&lng=en&nrm=iso. Acesso em 02 de Abril de 2019.
22. Carvalho AMP. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
23. Yarden A, Brill G, Falk H. Primary literature as a basis for a high-school biology curriculum. *Journal of biological education*, 35, 190-195, 2001.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Prislaine Pupolin Magalhães: Responsável pela criação e aplicação Sequência Didática Investigativa.

Rodrigo Cardoso Oliveira: Responsável pelos conteúdos e discussões em Bioquímica.

Daniela Ponce: Responsável pelos conteúdos e discussões de Nefrologia.

Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani: Responsável pela orientação pedagógica.

CONFLITO DE INTERESSES

Os pesquisadores afirmam que não há conflitos de interesse.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA

UNESP – Universidade Estadual Paulista – Campus Bauru
Departamento de Educação
Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 – Vargem
Limpa – Bauru/SP – CEP 17033-360
Telefone: (14) 3103-6000 – Fax: (14) 3103-6000



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.