

CARACTERIZAÇÃO DE PROTEÍNAS VIA MÉTODO DE BIURETO COMO PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DE QUÍMICA DE COORDENAÇÃO

Characterization of proteins by Biureto method as an interdisciplinary proposal for the teaching of Coordination Chemistry

Cássia Almeida Brito [cassiaalmeidabrito@gmail.com]

Leonardo Viana de Freitas [leoatp@hotmail.com]

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Nilópolis, RJ, Brasil.

Rua Cel. Delio Menezes Porto, 1045 - Centro, Nilópolis - RJ, 26530-060.

Recebido em: 20/03/2018

Aceito em: 15/10/2018

Resumo

Com o objetivo de tentar contribuir com o processo de ensino-aprendizagem, usando como principal estratégia pedagógica a interdisciplinaridade, a Biologia é aqui apresentada como ferramenta a ser utilizada na aplicação de uma aula sobre química de coordenação da componente curricular Química Inorgânica II. Este trabalho teve como público alvo alunos do 4º período do ensino médio técnico em Química de um Instituto Federal, no pretexto de elucidar a relação entre a Química e a Biologia, sob a ótica da Bioquímica. Dos resultados que serão aqui apresentados pode-se ressaltar que com o questionário prévio passado aos discentes, os mesmos apresentaram, a princípio, dificuldades em conseguir relacionar as duas disciplinas pretendidas, ao passo que após ser abordada uma aula teórica-dialogada entre os alunos de forma mais interdisciplinar, além de proporcionar uma experiência de mesmo cunho, a maioria dos grupos do segundo momento da pesquisa responderam de forma certa ou coerente as questões passadas. Entretanto, se faz necessário um tempo mais hábil, para melhor aproveitamento pelos alunos e conseqüentemente aperfeiçoar o seu aprendizado, uma vez que ainda foram observadas algumas dificuldades em relacionar as duas áreas trabalhadas de acordo com as atividades propostas.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade, Ensino de química de coordenação, Método de Biureto.

Abstract

In order to try to contribute to the teaching-learning process, using as its main pedagogical strategy the interdisciplinarity, Biology is presented here as a tool to be used in the application of a class on chemistry of coordination of the curricular component Inorganic Chemistry II. This work was aimed at students of the fourth year of technical secondary education in Chemistry of a Federal Institute, under the pretext of elucidating the relationship between chemistry and biology, from the perspective of biochemistry. From the results presented here, it is possible to emphasize that with the previous questionnaire passed to the students, they presented, in the beginning, difficulties in being able to relate the two disciplines intended, while after being approached a theoretical-dialogical class among the students of In a more

interdisciplinary way, besides providing a similar experience, most of the groups from the second moment of the research answered in a correct or coherent way the past issues. However, it is necessary to have a more skilful time to better use the students and consequently improve their learning, since there were still some difficulties in relating the two areas worked according to the proposed activities.

Keywords: Interdisciplinarity, Coordinating chemistry teaching, Biuret method.

Introdução

Em toda prática pedagógica de ensino e aprendizagem, tem-se a visão de um mundo complexo que se torna impossível sua explicação a partir de uma única vertente de conhecimento (Cardoso, 2014). Desse modo, são realizadas articulações das práticas de ensino de modo interdisciplinar e contextualizado para que haja uma maior contribuição para o desenvolvimento do alunado em todos os componentes curriculares, permitindo que eles se tornem pessoas mais críticas e participativas em sociedade (Maldaner, 1999).

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), para que ocorra o desenvolvimento do alunado em todos os componentes curriculares, é necessário que o aprendizado não esteja centrado apenas na interação individual do aluno, nem se resuma à exposição desses alunos somente ao discurso do professor, mas sim, se realizar pela participação ativa de cada um e do coletivo educacional. É através da proposta de conduzir cada disciplina de forma interdisciplinar que torna esse caráter ativo e coletivo do aprendizado mais efetivo (Brasil, 2000). Entretanto, para se trabalhar com a interdisciplinaridade é preciso conhecimentos diversificados para que se torne possível enfatizar a relação das disciplinas e mediar à discussão com o cotidiano do discente por linguagens simples, mas que sejam satisfatórias para assimilação do assunto (Silva *et al.*, 2014). Sobre isso, Cunha aborda que:

Entre as características dos melhores professores estão: “tornar as aulas atraentes”, “estimar a participação do aluno”, “saber se expressar de forma que todos entendam”, (...) “procurar formas inovadoras de desenvolver a aula” e “fazer o aluno participar do ensino”, etc. (2007, p. 71).

Justamente por ser uma ciência ampla, que estuda diversos fenômenos que vão desde a estrutura da matéria, suas transformações, até os embates advindos da sua respectiva utilização, a Química é uma das áreas que mais permite interdisciplinaridade com outras disciplinas também ministradas no Ensino Médio (Silva *et al.*, 2014). Um caso para determinada abordagem é a relação que a Química tem com a Biologia, que permite discussões interdisciplinares de temas relevantes como, por exemplo, a química das proteínas. Tal associação de disciplinas específicas resulta em um avanço considerável do conhecimento pela combinação de saberes e técnicas. A Bioquímica como ferramenta interdisciplinar se torna uma abertura explícita do que pode ser estabelecido entre a Química e a Biologia (Becker, 2016).

Um assunto bastante visto em Bioquímica e que será debatido no presente trabalho que pode contribuir de forma significativa para a interdisciplinaridade é o estudo das proteínas, bem como a sua determinação qualitativa. Tais estudos se fazem importantes, uma vez que as proteínas são o grupo mais abundante de macromoléculas biológicas que apresentam como constituintes principais unidades de aminoácidos, que podem ser encontrados dentro e fora das células, e que apresentam uma grande importância aos seres humanos. As funções atribuídas a essa classe que estão relacionadas diretamente com o sistema biológico do ser humano são as catálises de reações químicas, transportes de outras moléculas, a transmissão de impulsos nervosos, proteção imunitária e função hormonal (Lehninger & Cox, 2014).

A interdisciplinaridade do estudo das proteínas com a Química está justamente presente na determinação qualitativa delas. Para que tal determinação aconteça, é necessária a presença de um metal de transição que se ligue aos resíduos de ligações peptídicas dessas proteínas (Almeida *et al.*, 2013). Estes metais, por sua vez, são encontrados na tabela periódica entre os grupos 2A e 13A e denominados como metais de transição por apresentarem propriedades intermediárias às propriedades dos elementos do bloco s (grupos 1 e 2) e dos elementos do bloco p (grupos 13 a 18) (Oliveira, 2010). Esses metais apresentam características diferenciadas, daqueles dos elementos representativos, como: cores variadas, paramagnetismo frequente, tamanhos de íons anômalos, vários números de oxidação dentre outros (Barros, 1992).

Uma característica desses elementos de transição é a tendência de formação de complexos, que são estudados em uma área denominada de Química de coordenação. O termo designado de complexo significa que um átomo ou um íon metálico está centralizado e rodeado por uma série de ligantes. Esses ligantes podem ser um íon ou molécula que tenham a capacidade de ter uma existência independente. A formação de um complexo compreende na combinação de um ácido de Lewis (íon ou átomo metálico central) que atua como um átomo ou íon receptor, com uma base de Lewis (ligantes) que por sua vez, atuam como doadores de elétrons, usados na constituição das ligações. Aos números possíveis de átomos doadores na esfera de coordenação, é denominado de número de coordenação (NC) (Shriver & Atkins, 2003).

Para a realização dessa determinação qualitativa de proteínas, tem-se uma variedade de substâncias que podem reagir com elas, resultando em produtos coloridos. Há reações que são específicas para certos grupos funcionais, ou reações gerais que caracterizam grupamentos que sejam comuns a todas as proteínas. Destas reações gerais das quais serão utilizadas nesta pesquisa, destaca-se a reação de Biureto, em que se caracterizam pela formação de um complexo entre os resíduos de ligações peptídicas e o íon metálico cúprico, Cu^{2+} , que se encontra no reagente de Biureto, sendo este um método usado para a determinação de concentrações de proteínas totais em meios distintos, como os alimentos, soro sanguíneo e urina (Almeida *et al.*, 2013).

Assim, ao se trabalhar o conteúdo de proteínas e suas caracterizações através de reações de complexação por meio de metodologias interdisciplinares e contextualizadoras, torna-se possível a transposição didática da temática de química de coordenação mais simples e faz com que os discentes atrelem seus conhecimentos químicos teóricos a acontecimentos práticos corriqueiros. Desta forma, a formação dos discentes do curso técnico em Química, foco desse trabalho, pode ser complementada e suas maneiras de lidar com conhecimentos diversos na área das ciências da natureza pode se tornar diferente, no sentido de aumentarem sua busca por contextualizações,

estando assim atrelados consequentemente com as propostas descritas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) quanto ao que se refere às articulações necessárias entre as várias áreas do saber com as suas aplicações tecnológicas, ambientais, sociais, políticas e econômicas.

Referencial Teórico

A Interdisciplinaridade: aspectos gerais

É muito frequente atualmente a abordagem de que a educação está em um período de constante reflexão. Tal questão é vista como uma necessidade de se repensar a atual prática docente aplicada em sala de aula, com o propósito de tratar os conteúdos de forma que promova uma aprendizagem mais significativa (Silva & Schirlo, 2014). Tal aprendizagem significativa, segundo a teoria de Ausubel (1973), é o processo pelo qual um novo conhecimento adquirido pelo estudante se relaciona de maneira não arbitrária e não literal à estrutura cognitiva do mesmo. Desse modo, o conhecimento prévio que determinado estudante tem a respeito de um assunto, interage de forma significativa com o novo conhecimento que é passado, efetuando transformações em sua estrutura cognitiva, ou seja, entende-se que a aprendizagem é uma organização e integração do material na estrutura cognitiva do aluno, dada por uma estrutura com níveis de conceitos.

A interdisciplinaridade, neste contexto, vem como uma afirmação de que toda e qualquer prática pedagógica de ensino e aprendizagem se torna impossível de ser explicada apenas a partir de uma única visão de uma área do conhecimento (Cardoso, 2014). Dessa maneira, o exercício de se articular as práticas de ensino de forma interdisciplinar e contextualizada ajuda na contribuição para o desenvolvimento do aluno de uma forma mais ampla, ou seja, em todos os componentes curriculares que consequentemente corroboram para a formação de uma pessoa mais crítica e participativa em sociedade, tornando o ensino em si mais expressivo (Maldaner, 1999).

Essa prática interdisciplinar vem desde o século XX (Klein, 2001 *apud* Rocha, 2013), sendo oriunda da Europa, principalmente nos países França e Itália, em meados da década de 1960. Esse movimento foi elucidado mediante a oposição à especialização demasiada do conhecimento, que tinha como ponto negativo o distanciamento entre a academia e os problemas cotidianos. Tal prática nascia como uma contestação a todo conhecimento que privilegiasse o capitalismo epistemológico¹ de certas ciências, ou ainda a toda e qualquer proposta de conhecimento que estimulasse a visão do aluno para uma única, restrita e limitada direção (Fazenda, 2002 *apud* Rocha, 2013).

Já no Brasil, o movimento ganhou mais espaço no final da mesma década com algumas distorções. Hilton Japiassú² foi um nome importante na época, por ter sido o

¹Epistemológico vem de epistemologia, que em sentido amplo é sinônimo da teoria do conhecimento ou gnosiologia. Em sentido estrito, designa a teoria do conhecimento científico. A epistemologia trata da natureza, da origem e validade do conhecimento, e estuda também o grau de certeza do conhecimento científico nas suas diferentes áreas.

²Hilton Japiassú (1934-2015) foi doutor em filosofia pela Universidade de Grenoble, França. Desde a década de 70 quando fez um curso com Jean Piaget, manifestou seu interesse pelos conceitos da transdisciplinaridade e da interdisciplinaridade, onde desde então escreveu inúmeras obras no campo da epistemologia e da história das ciências.

primeiro autor brasileiro a produzir trabalhos nessa linha de pesquisa, no qual chegou a reunir conceitos elaborados por vários autores. E em meados da década de 1970, a interdisciplinaridade ganhou força no Brasil com outro trabalho importante, este produzido por Ivani C. A. Fazenda³ que dedicou toda a sua pesquisa de mestrado à investigação a respeito desse tema no ensino (Fazenda, 1994 *apud* Cardoso, 2014).

Mediante a esses aspectos gerais, é observado que para propor práticas pedagógicas que tenham como perspectiva a interdisciplinaridade é preciso que, em primeiro lugar, tenha-se ciência da definição, claramente, da interdisciplinaridade como uma prática que tem por valorizar e estabelecer uma construção ativa do conhecimento dos alunos, bem como considerar sendo de suma importância os saberes produzidos por autores que a abordam (Augusto *et al.*, 2004).

Proteínas: Um tema interdisciplinar para o ensino de química de coordenação

Segundo Lehninger e Cox (2014), proteínas são polímeros que apresentam como constituintes principais unidades de aminoácidos. Os aminoácidos, por sua vez, são moléculas orgânicas que apresentam em sua constituição um átomo de hidrogênio, grupamentos carboxílicos, grupos amina e uma cadeia lateral característica para cada aminoácido, distinguindo-as em tamanho, solubilidade, propriedades físico-químicas, cargas elétricas, dentre outros. Os aminoácidos que se encontram nas moléculas de proteínas se ligam através de uma ligação denominada de peptídica, que é formada por uma reação de condensação de um grupamento carboxílico de um aminoácido e um grupo amina de outro aminoácido, como ilustrado na Figura a seguir:

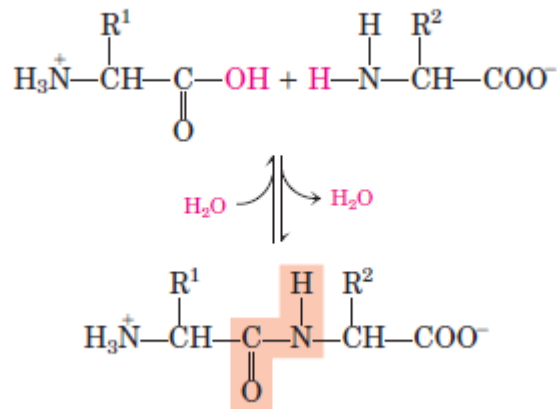


Figura 1 Formação de uma ligação peptídica por condensação.

Fonte: Lehninger & Cox (2014).

Advindo da palavra grega *protos* que significa “a primeira”, as proteínas são as biomoléculas que se caracterizam por serem as mais abundantes nos seres vivos, estando presente na maior parte das células. Além disso, possuem várias funções dentro do organismo, que vão desde a constituição de músculos, cabelos e unhas, até a

³Ivani C. A. Fazenda Nasceu em São Paulo, SP, em 12/09/41. É doutora em Antropologia pela Universidade de São Paulo (1984) e Livre Docente em Didática pela UNESP (1991). Tem experiência na área de Educação, com ênfase em ensino-aprendizagem, atuando principalmente nos seguintes temas: interdisciplinaridade, educação, pesquisa, currículo e formação.

produção de anticorpos. Dada à estrutura dessas proteínas, podem ser classificadas de acordo com nível conformacional adquirido (Júnior & Francisco, 2006).

A estrutura primária é uma sequência linear de aminoácidos de uma cadeia polipeptídica. Por convenção, a estrutura primária é descrita na direção amino terminal/carboxila terminal. Já as estruturas ditas como secundárias, tem-se as estruturas regulares bidimensionais formadas por segmentos da cadeia polipeptídica. Duas organizações são particularmente estáveis dentre as estruturas secundárias por apresentarem um elevado número de ligações de hidrogênio entre o nitrogênio e o oxigênio dos grupos $-NH$ e $-C=O$ constituinte das unidades peptídicas, que são: o enrolamento da cadeia ao redor de um eixo e a interação lateral de segmentos de uma cadeia polipeptídica ou de cadeia diferentes. Tais conformações são denominadas de α -hélice e folha β pregueada. A α -hélice é mantida por ligações de hidrogênio entre uma unidade peptídica e a quarta unidade peptídica subsequente, as ligações se dispõem paralelamente ao eixo da hélice (Marcozzo & Torres, 1999). Essa organização pode ser observada segundo a Figura 2 a seguir.

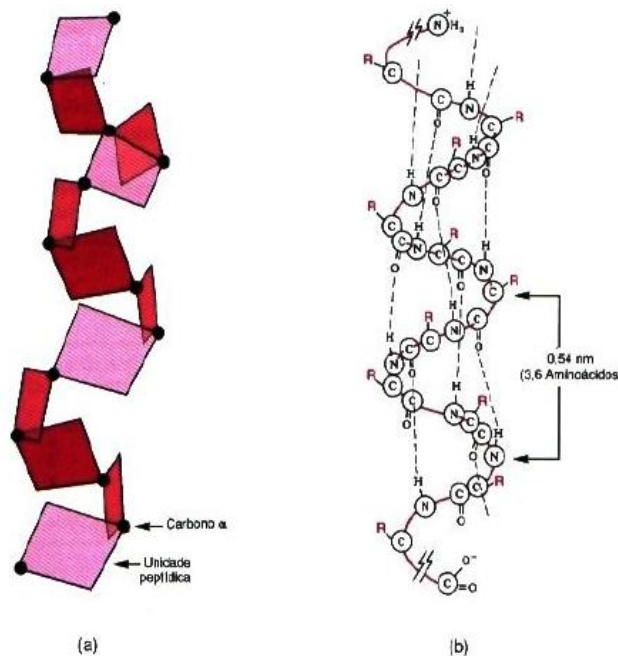


Figura 2 (a) Arranjo espacial das unidades peptídicas na forma de α – hélice. (b) Arranjo estabilizado por ligações de hidrogênio entre os átomos que participam das ligações peptídicas.

Fonte Marcozzo & Torres (1999).

A folha β pregueada também é uma estrutura caracterizada em apresentar ligações de hidrogênio entre as unidades peptídicas para se manter, entretanto essas ligações são estabelecidas entre as cadeias polipeptídicas diferentes ou entre segmentos que se encontram distantes de uma mesma cadeia. Estas cadeias apresentam uma forma mais distendida que a α -hélice e estão colocadas lado a lado, o que fornece uma aparência de folha pregueada. Além disso, as ligações de hidrogênio são perpendiculares ao eixo das cadeias, e os grupos R dos aminoácidos projetam-se para cima e para baixo do plano pregueado (Lehninger & Cox, 2014). A seguir é mostrada tal conformação.

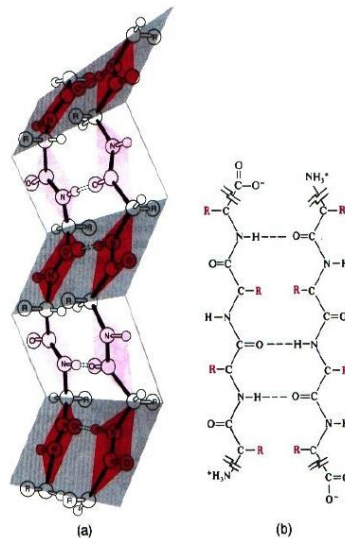


Figura 3 (a) Organização de duas cadeias polipeptídicas em folha β pregueada. (b) Arranjo estabilizado por ligações de hidrogênio entre as cadeias.

Fonte: Marcozzo & Torres (1999).

Para a estrutura terciária, tem-se um dobramento final da cadeia polipeptídica por interações de regiões com estrutura regular (α -hélice e β pregueada) ou de regiões que não apresentam estruturas definidas. Neste tipo de organização, segmentos distantes da estrutura primária podem se aproximar e interagir, através de ligações não covalentes entre as cadeias laterais dos resíduos de aminoácidos. Para essa conformação terciária o que promove a sua estabilidade é o grande número de ligações (que podem ser de três tipos diferentes), que conseqüentemente permitem a manutenção dos dobramentos da estrutura. Tais ligações podem ser: ligação de hidrogênio, que são estabelecidas entre os grupos R de um aminoácido polar ou sem carga. Neste caso, as ligações de hidrogênio não apresentam um padrão regular de disposição como acontece na estrutura secundária. O segundo tipo de ligação que acontece, pode ser feita através de interações hidrofóbicas, que compreendem as cadeias laterais hidrofóbicas dos aminoácidos apolares. Naturalmente, a maioria das cadeias hidrofóbicas se encontra no interior apolar da molécula proteica.

O terceiro tipo de ligação que pode se encontrar em uma conformação tridimensional são as ligações eletrostáticas ou iônicas, ou seja, as interações de grupos com cargas opostas como os presentes nos aminoácidos básicos (lisina, arginina e histidina) e ácidos (aspartato e glutamato). Além dessas ligações, podem ser encontradas ainda na estabilização dos dobramentos de uma cadeia polipeptídica as ligações covalentes, como as pontes dissulfeto (-S-S-) formadas entre dois resíduos de cisteínas, por exemplo, (Vieira, 2003). Abaixo se encontra a representação de uma estrutura terciária.

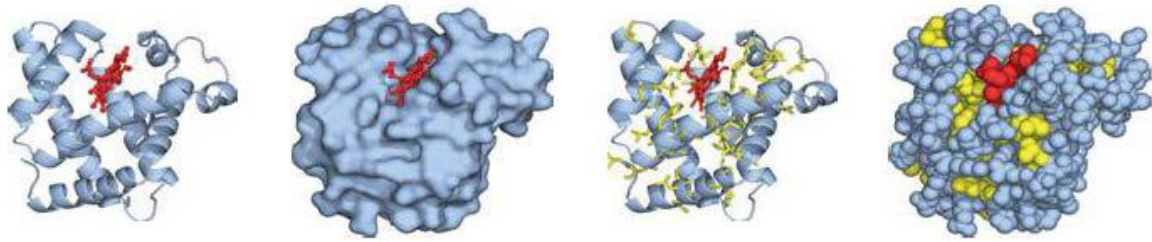


Figura 4 Representação estrutural da mioglobina, ilustrando como a cadeia polipeptídica é dobrada nas três dimensões.

Fonte: Lehninger & Cox (2014).

A estrutura quaternária é o arranjo espacial entre as cadeias peptídicas das proteínas oligoméricas, que são definidas por interações não covalentes entre as cadeias peptídicas e outros compostos de origem não protéica, que geralmente fazem parte da proteína, ou seja, a estrutura quaternária resulta de interações entre as subunidades de proteínas com múltiplas subunidades (multiméricas) ou grandes associações de proteínas. Algumas proteínas multiméricas possuem unidades repetidas, formadas por uma única subunidade ou grupos de subunidades, denominados de protômero. Como é o caso da desóxi-hemoglobina (Marcozzo & Torres, 1999; Vieira, 2003; Lehninger & Cox, 2014) mostrado a seguir. A configuração espacial final das proteínas é determinante para a função da mesma (Almeida *et al.*, 2013).

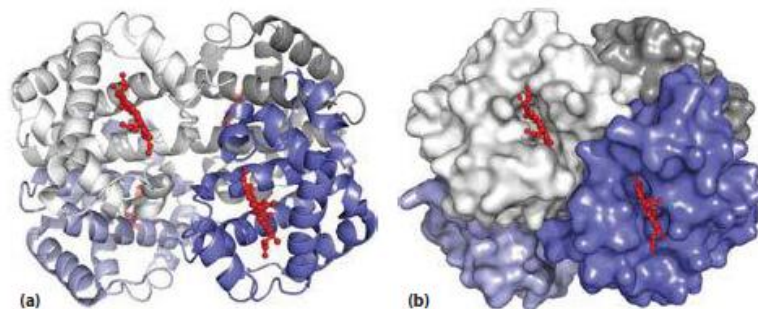


Figura 5 Estrutura quaternária da desóxi-hemoglobina, (a) Representação na forma de fitas revela os elementos estruturais secundários da estrutura e a posição de todos os cofatores hemes. (b) Modelo de contorno de superfície.

Fonte: Lehninger & Cox (2014).

É importante que haja na dieta humana a ingestão de determinadas proteínas, que são encontradas em alimentos como carne, peixe, ovo, leite e seus derivados, dentre outros. Grande parte dos vegetais, assim como os cereais, verduras, frutas e tubérculos são pobres em proteínas, sendo exceção apenas as leguminosas, como soja, amendoim, feijão e etc. Todas as proteínas ingeridas no organismo através dos alimentos são transformadas em outras 100.000 proteínas de diversos tipos, formando em média 15% da composição no organismo. Com isso, cada proteína apresenta uma função na estrutura humana (Feltre, 2004). Por exemplo, a insulina produzida pelo pâncreas controla os níveis de açúcar no sangue após as refeições. Ou ainda, a enzima ribonuclease, também produzida no pâncreas, é responsável por catalisar a hidrólise no intestino delgado dos ácidos nucleicos ingeridos através da alimentação (Almeida *et al.*, 2013).

Dada importância das proteínas e o que está descrito nas próprias orientações ao longo do PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), o aprendizado de Química pelos alunos do Ensino Médio se torna mais eficaz mediante o possível trabalho da interdisciplinaridade com, por exemplo, a Bioquímica, implicando um entendimento pelos mesmos de forma mais abrangente e integrada dos conhecimentos. É necessária a compreensão por partes dos estudantes em relação tanto aos processos químicos em si, quanto da construção do conhecimento científico que está intimamente relacionado, por sua vez, com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas. É importante ressaltar que ao interpretar o mundo através das ferramentas da Química, é de extrema importância que se explicita o seu caráter dinâmico (Brasil, 2000). Logo, o conhecimento químico adquirido não deve ser entendido apenas como um conjunto de conhecimento isolado e imutável, mas como uma construção da mente humana que está sempre em contínua mudança. A interdisciplinaridade seria o incentivo necessário na busca de engajar professores a uma prática conjunta. Como bem colocado por Augusto e colaboradores (2004) “a interdisciplinaridade é entendida como a necessidade de integrar, articular, trabalhar em conjunto”.

Ainda abordando sobre o ensino de Química, ele tem se deparado ainda com problemas, como a necessidade de memorização de definições, leis e fórmulas. O que de fato, dificulta ainda mais o aprendizado por parte dos discentes, uma vez que eles não conseguem associar tais definições com o seu cotidiano, ou seja, restringindo a baixos níveis cognitivos. Somado ao fato da memorização, tem-se também outra problemática do atual ensino que, em muitas vezes, privilegia aspectos teóricos em um nível de abstração inadequado ao estudante.

Uma das soluções para essas dificuldades seria o uso de conteúdos a partir de temas que permitam ao professor a contextualização do saber (Pontes *et al.*, 2008). Nessa linha, podem ser explorados, por exemplo, temas como: o uso dos alimentos e sua conservação, solo e sua fertilização, tratamento da água, dentre outros.

Tais temas não são esgotáveis, uma vez que as inter-relações conceituais e factuais podem ser muitas e complexas, tudo dependendo para qual finalidade se deseja obter (Brasil, 2000). A Bioquímica é uma das ciências que trata dessas áreas, e que possui o objetivo básico de mostrar com termos químicos a existência dos seres vivos em suas diversas formas, tendo a percepção de interdisciplinaridade entre a Química e Biologia (Correia *et al.*, 2004).

Metodologia da Pesquisa

A seguinte pesquisa foi realizada em duas etapas, como demonstrado no fluxograma (Figura 6) a seguir:

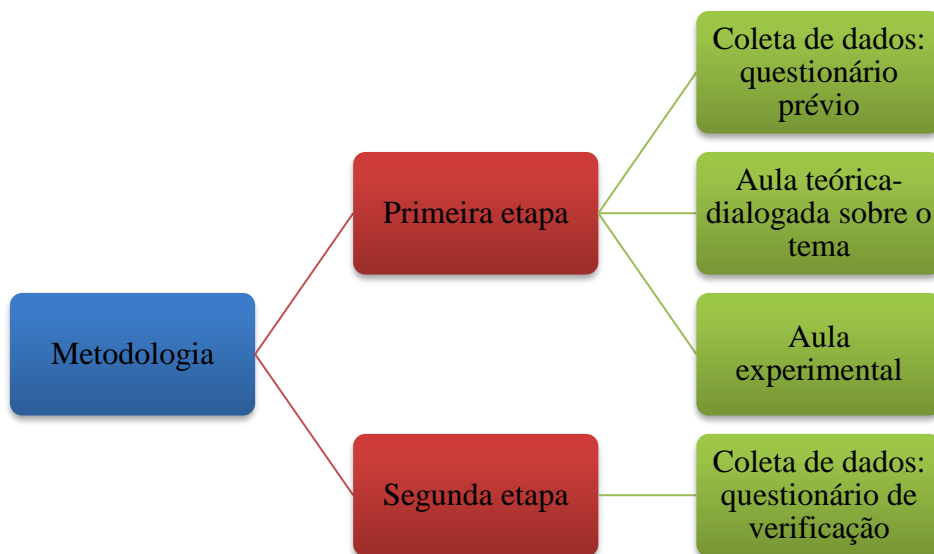


Figura 6: Fluxograma das etapas compreendidas da metodologia da pesquisa

Sendo assim, para o seguinte trabalho, a primeira etapa compreendeu-se em três momentos, onde o primeiro momento se caracterizou por ter repassado aos alunos do curso Técnico em Química um questionário que os indagavam sobre o conhecimento prévio deles a respeito das funções das proteínas no organismo vivo, do papel fundamental dos elementos inorgânicos no sistema biológico, bem como a importância da determinação dessas proteínas como, por exemplo, na área de análises clínicas, no diagnóstico de doenças e alimentação humana (Apêndice A).

Após isso, o segundo momento desta etapa foi destinado à participação dos alunos em uma aula teórica dialogada, sobre proteínas, e como elas podem ser caracterizadas através de reações de complexação, assunto este que vinha sendo discutido com os alunos nas últimas semanas pelo professor da disciplina. Tal aula ainda englobou diversos aspectos sociais e ambientais em forma de curiosidades mostradas aos alunos, como as principais ações fisiológicas e bioquímicas dos elementos inorgânicos, mais precisamente do íon metálico Cu^{2+} , assim como as patologias associadas à baixa ou elevada concentração desse elemento no organismo. A proposta de apresentar essas curiosidades aos alunos se deu de forma a mostrar a presença da química no cotidiano deles, pelo fato dos elementos inorgânicos apresentarem papel fundamental nos sistemas biológicos dos seres vivos, auxiliando, por exemplo, na captação e transporte de gases atmosféricos, no armazenamento de energia, transporte de elétrons, fornecimento de íons que mantêm o equilíbrio osmótico e os mecanismos de ativação da membrana celular. Com isso, a turma teve a oportunidade de elucidar alguns dos fenômenos perguntados no primeiro questionário.

Já no terceiro momento, a turma foi dividida em sete grupos para uma aula experimental no laboratório de Química Inorgânica do instituto a fim de uma melhor observação dos fenômenos químicos mencionados. Nessa aula, os discentes caracterizaram as proteínas através de reações de complexação do íon Cu^{2+} e as cadeias proteicas seguindo um roteiro (Apêndice B) previamente explicado a eles sobre como deveriam colocar os experimentos em prática. Essa caracterização se deu de duas formas a fim de se observar os resultados de ambas para um posterior debate: a primeira

caracterização foi feita com o uso do reagente de Biureto. Já a segunda forma se difere da primeira apenas pelo não uso do sal tartarato de sódio e potássio, sendo assim, usado apenas a base, hidróxido de sódio (NaOH) e o sal sulfato de cobre (CuSO₄), ambos encontrados de forma fácil em lojas de supermercados e *pet shop*, respectivamente, e com um baixo custo aquisitivo. Tal análise foi feita a fim de se mostrar as possíveis diferenças nos resultados usando ou não um agente complexante.

Por fim, na segunda etapa, ocorrida uma semana após a primeira, para que os alunos pudessem pesquisar mais sobre os fatos observados, foi pedido para que a turma realizasse uma atividade em sala, trabalhando em grupos (mesmo grupo da prática). O objetivo era de se verificar a aprendizagem por meio de uma análise qualitativa dos resultados obtidos mediante a percepção do pesquisador nos momentos da aplicação do projeto; e através dos resultados escritos adquiridos por meio do questionário (Apêndice C) preenchido pelos estudantes participantes da pesquisa. Tal atividade trouxe a importância da interdisciplinaridade, envolvendo, portanto, outras áreas do saber no aprendizado da química de coordenação.

Resultados e Discussão

Neste capítulo as respostas referentes aos questionários passados aos alunos e a aula experimental proposta serão discutidos e relacionados com as disciplinas de Bioquímica / Química Inorgânica na tentativa de uma abordagem interdisciplinar entre essas duas áreas do saber, onde ambas são ministradas ao curso técnico em química do Instituto Federal, onde se realizou a pesquisa.

1ª Etapa

Primeiro Momento:

Tendo como iniciativa esse projeto, foi repassado aos 32 alunos um questionário estruturado semiaberto, onde se tinha o intuito de coletar informações deles a respeito do que já sabiam sobre o tema de caracterização de proteínas via método de Biureto como forma de ensino interdisciplinar ao conteúdo de química de coordenação, conteúdo esse já discutido anteriormente nas aulas de Química Inorgânica II, antes mesmo da explanação geral sobre a pesquisa.

A primeira pergunta feita aos alunos tinha como objetivo verificar se os mesmos tinham noção a respeito das funções que os elementos inorgânicos exercem no organismo vivo. Referente a essa pergunta feita aos estudantes, obteve-se os seguintes resultados:

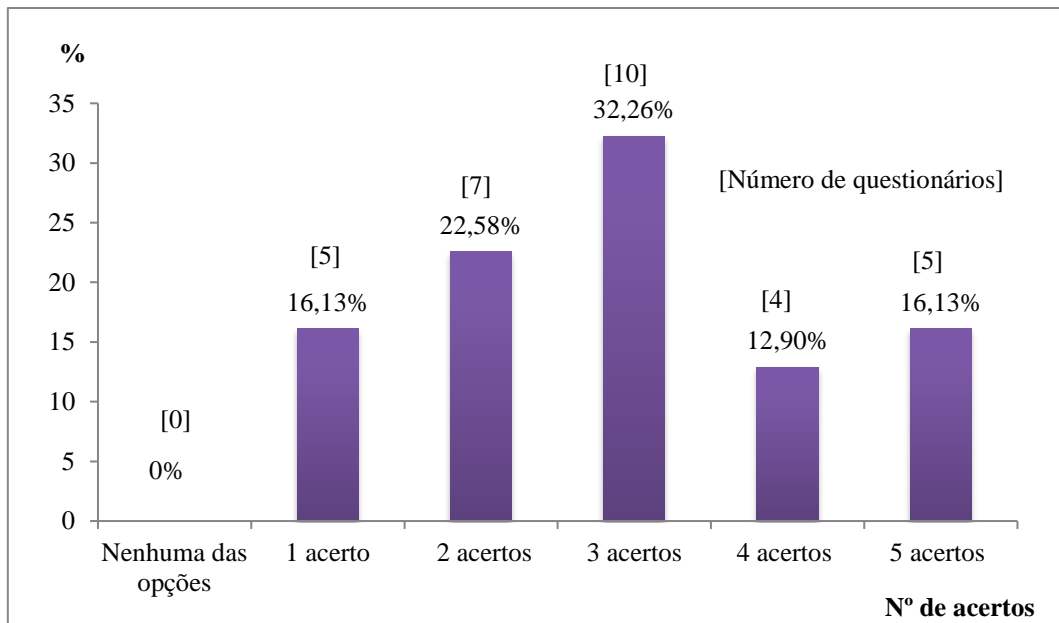


Figura 7 Gráfico da representação das respostas dadas pelos alunos a 1ª questão.

Ao observar os resultados apresentados, é visto que os alunos apresentam ainda algumas dúvidas em relação às funções dos elementos inorgânicos no organismo vivo, uma vez que todas as opções apresentadas a eles estavam corretas, e ainda apenas uma parcela de 16,13% de uma amostragem de 31 questionários, tiveram essa percepção. Isso talvez se deva à falta de interdisciplinaridade entre as disciplinas de Biologia e Química, ou seja, apesar dos alunos se encontrarem no 4º período e terem passado por quatro disciplinas de Biologia, ainda apresentam certa dificuldade em relacionar tais conteúdos.

Segundo Lamego e Santos (2016), a organização disciplinar do currículo escolar se mantém estável, logo a dimensão epistemológica do conhecimento construído temporariamente pelas disciplinas escolares incorporam saberes próprios que delimita muito os territórios de atuação e investigação, entretanto, é possível que se estabeleça uma relação dialogada entre as áreas dos saberes, no âmbito escolar que possa contribuir para a formação dos alunos.

Com base nisso foram construídos documentos curriculares para o ensino médio e fundamental desde os anos 90, onde está incluso a interdisciplinaridade como um dos objetivos a serem alcançados pelos professores. Como previsto no parecer CNE/CEB n. 5/2011 dispõe no Art.5⁴ que: “[...] o Ensino Médio em todas as suas formas de oferta e organização, baseia-se em: VI – integração de conhecimentos gerais e, quando for o caso, técnico-profissional realizado na perspectiva da interdisciplinaridade e da contextualização”.

Dessa forma, existe a possibilidade de associar enfoques de disciplinas específicas, pois a Química e o seu papel intrínseco que ela desempenha no entendimento de outras ciências, fazem com que seja considerada, além de uma disciplina, uma ciência central, porque ela se encontra na base do desenvolvimento econômico, tecnológico, da siderurgia à indústria da informática, das artes à construção

⁴ http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=11074-rceb005-12-pdf&category_slug=junho-2012-pdf&Itemid=30192

civil, da agricultura à indústria aeroespacial. Tais fusões de duas ou mais disciplinas podem resultar em um avanço mais acelerado do conhecimento pela combinação de saberes e técnicas, atribuindo um novo enfoque (Santos *et al.*, 2012).

A segunda pergunta feita foi através de uma questão discursiva, onde se tinha a intenção de fazer com que tivessem um momento de escrita livre a respeito das principais funções das proteínas no ser vivo. Para melhor visualização das respostas elaboradas pelos alunos, foi aqui dividido em categorias, classificadas por: “Alunos que mais se aproximaram da resposta correta”, “Alunos que responderam de forma incompleta a pergunta” e ainda, “Alunos que não se posicionaram a respeito”. Ao se organizar os resultados, obteve-se:

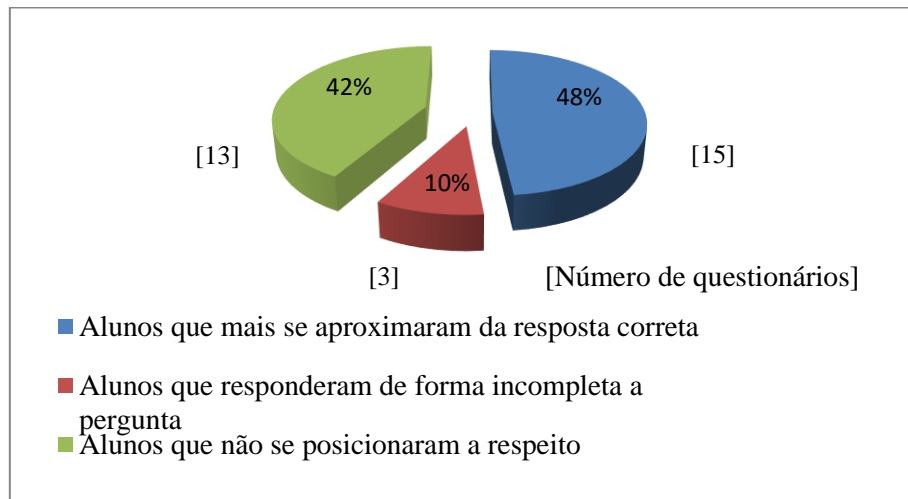


Figura 8 Gráfico da representação das respostas da 2ª questão separadas por categorias.

Em relação às respostas dadas a esse questionamento, não se obteve nenhum retorno bem elaborado. Os alunos apenas focaram em respostas pontuais do que acreditavam serem as funções das proteínas no organismo. É visto que diferentemente da pergunta anterior, a maior parte dos alunos (48%) se aproximaram de uma resposta correta, como observado em algumas transcrições tabuladas a seguir:

Tabela 1 Transcrições de algumas respostas dadas pelos alunos da categoria “Alunos que mais se aproximaram da resposta correta” da 2ª questão.

Alunos	Transcrição das respostas
A1	<i>“É importante no DNA e na composição dos músculos.”</i>
A2	<i>“A proteína apresenta funções de grande importância em um organismo. Dentre elas é a função estrutural e a regulatória.”</i>

A esse maior quantitativo de respostas corretas, pode-se aferir que diferentemente da primeira questão que necessitava de um maior entendimento

interdisciplinar entre a Química e a Biologia, a segunda pergunta a princípio tem um cunho apenas biológico, onde esses alunos por sua vez, já tiveram um embasamento a respeito em suas aulas de biologia nos semestres anteriores. Tal justificativa pode ser fundamentada ao se analisar a ementa do curso Técnico em Química do Instituto Federal onde foi realizada a pesquisa.

Para os conteúdos de Biologia, que se inicia desde o primeiro período de curso até o quarto período, tem-se como principais temas norteadores: Constituição dos Organismos, organização básica das células, membrana plasmática, citoplasma, a célula e o metabolismo energético (Biologia I), Núcleo Celular, a célula e o metabolismo de controle, divisão celular: mitose e meiose, reprodução (Biologia II), conceitos associados à genética básica, bases genéticas da herança, introdução à biotecnologia e engenharia genética, noções de evolução (Biologia III) e conceitos de nomenclatura científica e classificação dos seres vivos, bem como o agrupamento dos seres vivos em cinco reinos, a introdução à ecologia como ciência, fatores abióticos; habitat e nicho ecológico, os níveis tróficos; cadeias e teias tróficas; produção primária x respiração; pirâmides ecológicas; fluxo de energia e ciclo dos nutrientes ao longo das cadeias alimentares, principais impactos ambientais provocados pela ação antrópica (Biologia IV). Logo, as funções atribuídas às proteínas pelos alunos, como: proteção, armazenamento energético e genético, estrutural, regulatório e transporte se encontram presentes no ementário da disciplina de Biologia e podem ter influenciado nas respostas coletadas.

Já em relação aos alunos que responderam de forma incompleta à pergunta (10%), bem como aqueles que não se posicionaram a respeito (42%), como exemplos mostrados na Tabela 2 a seguir, pode-se deduzir que de alguma forma os conteúdos de Biologia trabalhados ao longo do curso não foi compreendido por esses alunos, uma vez que “O aluno aprende quando, de alguma forma, o conhecimento se torna significativo para ele, ou seja, quando estabelece relações substantivas e não arbitrárias entre o que se aprende e o que se já conhece” (Dayrell, 2006 *apud* Pires, 2011), ou seja, muitas matérias que são exigidas no currículo formal das escolas são ensinadas de modo que há a priorização dos conceitos, que para a maior parte dos alunos são desconectados de sua realidade.

Tabela 2 Transcrições de algumas respostas dadas pelos alunos das categorias: “Alunos que responderam de forma incompleta a pergunta” da 2ª questão.

Alunos	Transcrição das respostas
A5	<i>“Faz bem ao organismo humano”</i>
A7	<i>“Acho que DNA”</i>

Outro ponto que pode ter contribuído para tal resultado é o fato desses alunos ainda não terem cursado a disciplina Bioquímica (ministrada apenas no 6º período de

curso), pois segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) essa disciplina corrobora para o entendimento de fenômenos biológicos, de acordo que sua riqueza reflete nos mecanismos pelos quais estas moléculas atuam e se integram ao metabolismo realizando diversos processos, continuamente desde o momento que uma pessoa acorda até quando está dormindo, e que muito viabiliza a vida como conhecemos (Pires, 2011).

Como último questionamento desse primeiro momento, foi perguntado a respeito do conhecimento deles sobre o método de caracterização de proteínas através de reações de complexação (método de Biureto). Foi observado através do gráfico a seguir, como o de se esperado, que aproximadamente 81% dos alunos não tinham ciência a respeito desse método de caracterização, uma vez que os mesmos não tiveram ainda a disciplina de Bioquímica, onde tal método costuma ser trabalhado em aulas experimentais. Apesar disso, tal teste é viável para ajudar na interdisciplinaridade e contextualização entre a Química Inorgânica e a Bioquímica/Biologia, uma vez que esse método se utiliza de reações de complexação para a caracterização dessas biomoléculas. Além disso, este método é simples comparado com os outros existentes para a estimação de proteínas pelo fato de usar reagentes de baixo custo, fácil acesso e bem simples execução (Poli Miwa, 2003).

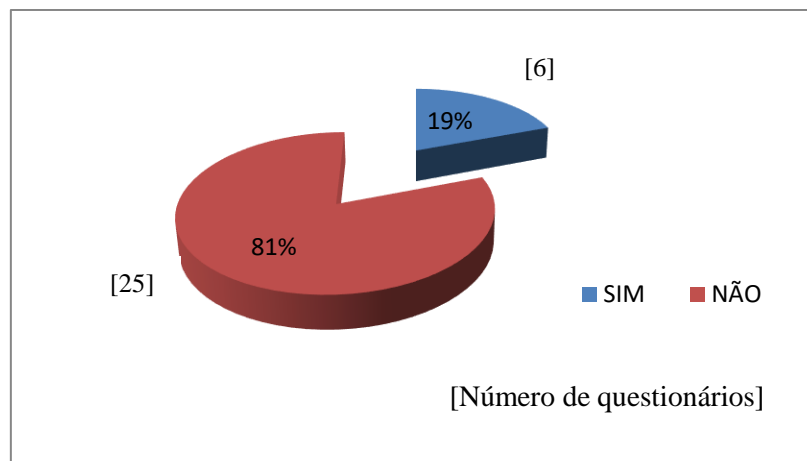


Figura 9 Gráfico da representação das respostas dadas pelos alunos a 3ª questão.

Segundo momento

Através dos dados coletados com esse primeiro questionário, foi dado início a aplicação da pesquisa com uma aula teórica dialogada, de duração de 1h 30min, onde foram feitas as primeiras explanações a respeito do tema do trabalho através de recursos audiovisuais, que contribuíssem de forma mais didática ao aprendizado dos alunos. É relevante abordar que não se tem a pretensão aqui de tornar o professor como o único ser responsável a dominar todos os temas e disciplinas existentes, mas ao contrário, tentar promover a integração entre as áreas para que um diálogo aconteça fora e dentro da sala de aula. Faz-se necessário para que o aluno perceba a comunicação entre as disciplinas, e não algo fragmentado e dividido que é transmitido em horário e aulas específicas que não dialogam ou que não se conectam, quando esta conexão de fato é algo permanente e diário, mesmo sem que isso seja destacado por alguns professores ou percebido pelos alunos.

Terceiro momento

Neste momento da aplicação da pesquisa, que foi realizada sequencialmente à aula teórica dialogada, realizou-se uma aula experimental, de duração de 1h 30min, que tinha como objetivo abordar de forma contextualizada a importância da caracterização qualitativa de proteínas através de reações de complexação, mostrando assim, aplicações da Química de coordenação na área da Bioquímica através da execução da reação de complexação do íon Cu^{2+} para a detecção de proteínas em alimentos usando o método de Biureto, além de procurar minimizar com isso, impactos ambientais, através do uso de reagentes naturais e corriqueiros no dia-a-dia dos alunos, como o ovo, leite, açúcar, sal, amido e extratos de carne. Para a realização da prática, os alunos seguiram um roteiro pré-elaborado e explicado, e foram registrados em alguns momentos tal execução como visto a seguir:

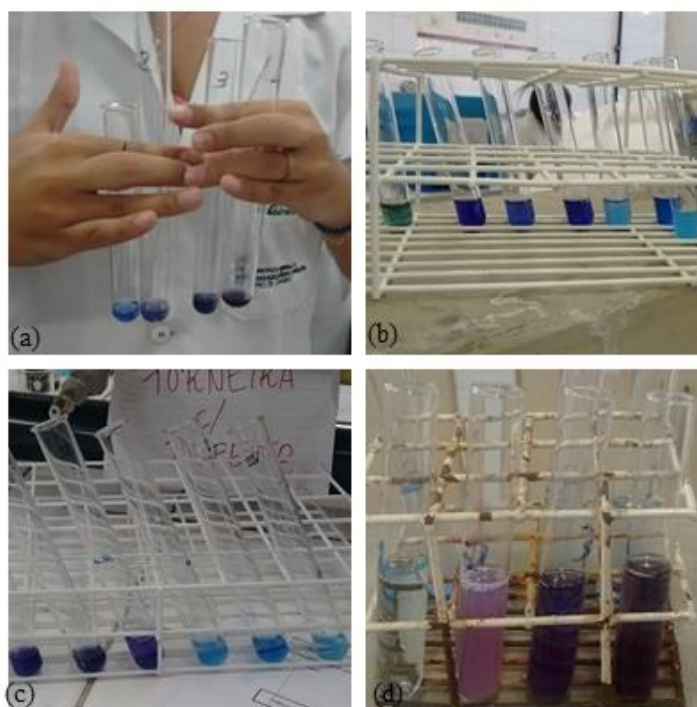


Figura 10 (a) procedimento com uso do agente complexante, (b) e (c) procedimento sem uso do agente complexante de dois grupos distintos, (d) diferentes concentrações de extrato de carne.

2ª Etapa

Uma semana após a realização da prática, tempo este dado aos alunos para que pesquisassem melhor sobre o assunto, foi passada uma avaliação em grupo (o mesmo grupo da prática) que tinha como pretensão verificar de que forma a seguinte pesquisa contribuiu para o seu aprendizado. Para isso, um novo questionário foi entregue a eles, dessa vez composto por cinco questões discursivas, no intuito de mais uma vez fazer com que tivessem um momento de escrita livre sobre o assunto. Para melhor aproveitamento das respostas dadas pelos alunos, os resultados serão aqui mostrados e discutidos separadamente por grupo para cada questão.

Como primeira questão, pediu-se para que os alunos argumentassem a partir dos conhecimentos transmitidos e das observações feitas em prática, a respeito se os resultados da utilização do método de Biureto na detecção das proteínas da clara do ovo

cru seriam semelhantes ao do ovo cozido. Das respostas coletadas dos grupos para essa pergunta, tem-se:

Tabela 3 Transcrições de algumas respostas da primeira pergunta por grupos.

G3	<i>“Sim. Levando - se em consideração o método de Biureto, onde é possível detectar uma proteína, porém não determina - la, com a clara de um ovo cozido e de um cru, utilizando - se do processo do método de Biureto, será encontrado a coloração violeta condizente com a presença de proteína, independente de sua estrutura”</i>
G5	<i>“Devido à desnaturização da proteína da clara pela temperatura, crê - se que não apresentarão resultados semelhantes, pois na clara de um ovo cru com Biureto formará um complexo violeta do Cu com as proteínas que não estão presentes na clara do ovo cozido.”</i>

O que se esperava dos alunos através dessa questão era que eles tivessem a percepção de que os resultados seriam semelhantes para o ovo cru e para o ovo cozido, uma vez que mesmo com o aumento da temperatura e havendo uma mudança na estrutura tridimensional original da proteína do ovo, o mesmo não perderá a sua propriedade proteica. Logo, mesmo com a desnaturação da proteína albumina do ovo através da aplicação de calor, não terá, o seu resultado qualitativo alterado. Ao analisar as respostas dadas, três dos sete grupos (G3, G6 e G7) responderam corretamente, mesmo ainda apresentando alguns erros referentes ao método, ao afirmarem que os resultados apresentados seriam semelhantes. Das justificativas apresentadas por esses três grupos supracitados, percebem - se em comum que entenderam que a temperatura é um dos agentes físicos que proporciona a desnaturação proteica, uma vez que ocorre a destruição das ligações de hidrogênio e interações hidrofóbicas que estabilizam a estrutura tridimensional da proteína, sem alterar a sequência de aminoácidos, isto é, sem alteração da estrutura primária da proteína (Lehninger & Cox, 2014), onde justamente o método de Biureto atua para a caracterização qualitativa dessa biomolécula.

Outro apontamento que pode ser feito a respeito dessa questão, seria em relação à parte da resposta que o grupo sete (G7) fez:

G7: *“(...) A coloração da amostra será parecida pela quantidade de aminoácidos”.*

O que não procede, pois a reação de Biureto não atua em aminoácidos livres e sim, sobre ligações peptídicas (no caso de proteínas), ou nos grupamentos supracitados anteriormente. Entretanto existem outros métodos de caracterização para aminoácidos

livres, como a reação xantoproteica que determina aminoácidos como a tirosina e o triptofano, a reação de Millon que também ao reagir o aminoácido tirosina com o reativo de Millon apresenta um teste positivo para tal, o Teste do sulfureto de chumbo que caracteriza aminoácidos sulfurados como a cisteína, o Teste de Hopkin–Cole que é um teste para compostos contendo o grupo indol (ex. triptofano), dentre outros⁵.

Já os grupos G1, G2, G4 e G5 erraram ao afirmarem que os resultados do teste de Biureto para o ovo cru e o ovo cozido não seriam semelhantes. O que provavelmente induziu ao erro para tais grupos foi justamente deduzirem que com o aumento de temperatura, e, por conseguinte com a desnaturação (desenovelamento) das proteínas haveria o rompimento das ligações peptídicas o que não ocorre, pois ao sofrer o processo de desnaturação essas biomoléculas apenas mudam sua estrutura tridimensional original, não alterando a sua sequência de aminoácidos, isto é, da estrutura primária da proteína (Lehninger & Cox, 2014).

A segunda questão tinha também a ver com o método utilizado na prática proposta, ao querer saber dos estudantes se era possível também detectar aminoácidos livres através desse mesmo teste (Biureto). Das respostas coletadas dos grupos para essa segunda pergunta, tem-se:

Tabela 4 Transcrições de algumas respostas da segunda pergunta por grupos.

Grupos	Transcrição das respostas
G1	<i>“O método de Biureto consiste em dar uma certa noção quantitativa de proteínas existentes em um meio. Aminoácidos livres, não são proteínas e sim, uma parte da estrutura da mesma, logo o método de Biureto não os detectará.”</i>
G3	<i>“Através da ligação peptídica, o Cu^{2+} do Biureto reage com as proteínas formando complexos quadrado planares. Dessa forma, aminoácidos livres que não possuem ligação peptídica não podem ser detectados.”</i>

Mediante a esse questionamento tinha-se o interesse em verificar o entendimento dos alunos a respeito da forma de caracterização do método de Biureto. Esperava-se como padrão de respostas, algo no sentido de que o teste não era eficiente para a caracterização de aminoácidos livres, uma vez que o mesmo determina as proteínas apenas através das ligações peptídicas (Zaia *et al.*, 1998). Dos sete grupos, quatro (G1, G2, G3 e G4) acertaram ao afirmar que não haveria caracterização desses aminoácidos livres. Percebe-se assim, um entendimento pela maioria, que o teste dará um resultado

⁵ <https://pt.slideshare.net/ArnonAndrade/livro-de-bioquimica-pratica>
<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571246236/III-Testes-aminoacidos.pdf>

positivo quando tiver pelo menos duas ligações peptídicas para reagir com o íon metálico Cu^{2+} formando complexos quadrado planares.

Entretanto, os grupos G5, G6 e G7 observam-se que o erro partiu da premissa de que como as proteínas são formadas por aminoácidos, logo para esses grupos o teste daria positivo. Entretanto, os mesmos, neste caso, não se atentaram ao enunciado que dizia a respeito de aminoácidos em sua forma livre, contribuindo para o equívoco da resposta.

Para a terceira pergunta do questionário, o intuito era observar a atenção dos estudantes durante a execução da prática mediante ao modo de preparo entre o I e II procedimentos realizados que tinha como diferença entre ambos o uso do reagente de Biureto, composto este por uma mistura de Cu^{2+} , $\text{Cu}(\text{OH})_2$ e tartarato de sódio e potássio ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Das respostas coletadas dos grupos para essa terceira pergunta os que mais se aproximaram da resposta correta foram os grupos G1, G4 e G6, uma vez que se esperava como padrão de resposta para a finalidade do uso do reagente de Biureto algo relacionado à sua função como agente complexante, ou seja, o reagente de Biureto não permitia a precipitação de $\text{Cu}(\text{OH})_2$ por possibilitar a estabilização do íon metálico Cu^{2+} em solução através da presença de átomos doadores de elétrons disponíveis em sua estrutura, assim garantindo uma maior estabilidade ao se ligar de forma mono ou bidentada a um centro metálico (Dias, 2006). Na tabela 5 a seguir mostram-se as respostas elaboradas por esses três grupos citados.

Tabela 5 Transcrição de algumas respostas mais coerentes da terceira pergunta por grupos.

Grupos	Transcrição das respostas
G1	<i>“O reagente de Biureto possui em sua composição o tartarato de sódio, este tem a função de não deixar o cobre (Cu) precipitar, como um agente complexante.”</i>
G4	<i>“O reagente de Biureto tira a turbidez da mistura resultante do segundo experimento”</i>
G6	<i>“A importância da presença do reagente de Biureto é para que não haja precipitado, pois é possível que o precipitado formado fique em suspensão, assim dificultando a visualização do resultado.”</i>

Os demais grupos G2, G3, G5 e G7 apresentaram uma resposta de forma genérica que não atendia a pergunta feita, já que focaram em responder apenas como o método de Biureto funciona em si. O maior índice de erros para essa questão foi atribuído por conta da pouca familiaridade com a técnica empregada, já que os mesmos ainda não tinham cursado a disciplina de Bioquímica, e o primeiro contato com o método estava sendo através do presente trabalho. Ou ainda pelo fato de que porventura

os alunos não tiveram tempo hábil para uma pesquisa mais aprofundada sobre o teste de Biureto, por se encontrarem em um período de intensas provas e trabalhos concomitantes.

A quarta pergunta do questionário buscava sobre o entendimento dos alunos a respeito da formação dos compostos coloridos através da química de coordenação, assunto este que já vinha sendo discutida pelo professor da disciplina ao longo das semanas que antecederam a aplicação deste projeto e que culminavam consequentemente na explicação do por que da presença de cor no experimento realizado. Almejava-se que os alunos tivessem a ciência de que o íon metálico Cu^+ não apresentaria a formação de compostos coloridos, pois ao analisar a sua distribuição eletrônica $[\text{Ar}]3d^{10}$ o mesmo já possui o orbital d completo e estável, não havendo assim transição eletrônica. Por isso, não há absorção dos comprimentos de onda da luz branca e todos esses comprimentos de onda que compõem a luz branca são refletidos, sendo incolores os seus compostos por conta desse fato (Lee, 2003).

Na coleta dos dados, observou-se que boa parte dos grupos (G1, G2, G3, G5 e G6) acertou tal pergunta. Esse maior número de acertos pode ser atribuído por eles já virem estudando este assunto há algumas semanas. Algo que pode ter sido um facilitador também é o fato de que para responder essa questão não necessitava de fazer correlações com outras disciplinas, ou seja, era uma questão puramente química.

A seguir foi transcrito algumas respostas elaboradas pelos integrantes desses grupos.

Tabela 6 Transcrição das respostas mais coerentes da quarta pergunta por grupos.

Grupos	Transcrição das respostas
G1	<i>“Não, ao se fazer a distribuição do Cu^+, percebe – se que o mesmo possui orbital d completo, já estável e não há transição eletrônica. Por isso, não há absorção dos comprimentos de onda da luz branca. Sendo assim, todos os comprimentos de onda que compõem a luz branca são refletidos. Logo, a cor dos compostos formados pelo íon Cu^+ será branca.”</i>
G2	<i>“Não, pois seguindo a configuração eletrônica do Cu^+, não haverá forma do elétron de valência se excitar, deixando o Cu^+ sem cor. Porém o Cu^{2+} possui um elétron faltando no subnível de esse elétron se excita ao absorver a coloração correspondente à cor observada.”</i>

G6

“Somente os complexos de Cu^{2+} irão apresentar cor, pois nos complexos de Cu^+ , devido a sua distribuição eletrônica (terminar em $3d^{10}$) não permite a excitação eletrônica, assim não conseguindo absorver a luz visível, refletindo – a”.

Os demais grupos (G4 e G7) não elaboraram respostas coerentes à pergunta realizada, como mostrado na Tabela 7 a seguir, uma vez que pautaram suas argumentações na relação carga/raio, ao dizer a respeito do número de oxidação do cobre, e assim, atribuindo a espécie que tivesse maior deficiência de elétrons a um maior desdobramento entre os níveis, considerando como resposta o Cu^+ apresentar compostos coloridos (G4) e também por abordarem a respeito da transferência de carga no ligante, onde já entraria no mérito da ligação sinérgica ao interpelar sobre o Princípio da eletroneutralidade⁶ que sugere-se que o centro metálico compartilhe densidade eletrônica de seus orbitais “d” com os orbitais Π^* vazios (ou orbitais “d” vazios dos ligantes). Ou seja, a doação sigma que os ligantes exercem ($\text{M} \leftarrow \text{L}$) que afetaria o princípio da eletroneutralidade é compensada mesmo que parcialmente, pela retrodoação ($\text{M} \rightarrow \text{L}$) envolvendo os orbitais “d” do centro metálico para os orbitais Π^* (ou “d” vazios) do ligante. Essa retrodoação formaria a ligação sinérgica, ou seja, a doação sigma ($\text{M} \leftarrow \text{L}$) é reforçada pela doação Π ($\text{M} \rightarrow \text{L}$) (Lee, 2003) (G7), entretanto a resposta apresentada não mostrou tal fundamentação, e coerência com a pergunta, uma vez que o gabarito da questão referia-se à avaliação da distribuição eletrônica para ambos os estados de oxidação e, a partir disso, a análise da disponibilidade dos orbitais para uma possível transição eletrônica, e conseqüentemente a formação ou não de compostos coloridos.

Tabela 7 Transcrições das respostas dos alunos que não atenderam a pergunta.

Grupos	Transcrição das respostas
G4	<i>“Cu^{2+} e Cu^+, a cor de ambos, é influenciada pela carga do íon metálico e ligante. Já que não se sabe se os ligantes na situação, aqui, somente a carga do íon influenciará. Acontece que o íon Cu^{2+} tem uma menor quantidade de elétrons que o Cu^+. Isso vai atrair mais o ligante por ter uma carga positiva maior. No entanto, o metal também tem elétrons e o núcleo do metal reage a essa aproximação maior do ligante com repulsão eletrônica. Então, o grau de desdobramento será maior e o patamar</i>

⁶ Linus Pauling estabeleceu que na formação de um complexo a carga líquida sobre o centro metálico deveria ser nula ou próxima a isso. Ou seja, os ligantes após compartilharem seus elétrons, acarretariam a redução da carga líquida do centro metálico. Isso que foi definido como sendo o Princípio da eletroneutralidade.

energético entre um nível e outro, também. Portanto, a energia necessária para o elétron saltar energeticamente quando absorve radiação é maior. Assim, o Cu^+ tem uma maior tendência a formar compostos coloridos que o Cu^{2+} , mas isso não quer dizer sempre forme e vice – versa.”

G7

“Sim. Quando o NOx for +1, a cor colorida se deve a transferência de carga e não as transições d-d, pois esses elementos tem configuração d^{10} . Cu se desproporciona na água. A solução de Fehling tem coloração azul intensa. +2 é o estado de oxidação mais estável e importante do cobre. Possuem 1 elétron desemparelhado (d^9). Seus compostos são geralmente coloridos devido às transições d-d e paramagnética. A maioria dos complexos e compostos de Cu^{2+} . Sua estrutura é octaédrica distorcida. São azuis ou verdes. Cu: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$ ”

Como o último questionamento desse segundo momento (pós-aplicação), o intuito era apenas que os estudantes apresentassem uma limitação do método de Biureto explicando-a. Pretendia-se com tal questão verificar a atenção dos alunos durante as explanações feitas na aula teórica dialogada, bem como durante os experimentos. As possíveis respostas para tal pergunta poderiam ser pela baixa sensibilidade, excluindo assim a aplicação deste método para analisar proteínas em amostras de baixa concentração, a turbidez da amostra que pode causar, na maioria das vezes, interferência no resultado, isso porque algumas substâncias que estejam presentes com as proteínas agem como interferentes, como por exemplo, a solução de sulfato de amônio quando usado como precipitante de proteína, em meio alcalino, pode complexar o íon metálico Cu^{2+} indesejavelmente (Henry *et al.*, 1957).

Foi visto com as respostas dadas que a maioria dos alunos entendeu a respeito da limitação desse método, uma vez que vivenciaram na prática, como colocado por Reginaldo e colaboradores (2012), que para compreender a teoria é preciso experiênciá-la. Sendo a realização de experimentos, em Ciências, o momento oportuno para que o aluno faça a experimentação do conteúdo e possa assim estabelecer a dinâmica e indissociável relação entre teoria e prática. A seguir apresentam-se tabuladas algumas das respostas dos grupos.

Tabela 8 Transcrição de algumas respostas mais elaboradas da quinta pergunta por grupos.

Grupos	Transcrição das respostas
G1	<i>“O método de Biureto não é capaz de identificar o tipo específico de cada proteína. Ele é usado para identificar proteínas totais, ou seja, indica se há ou não proteínas no meio e dar uma certa noção da quantidade através da intensidade da cor.”</i>
G3	<i>“Pouca sensibilidade, isto é, não é capaz de caracterizar uma determinada proteína, apenas sinaliza que há a presença de proteína naquele meio.”</i>

Considerações finais

A partir das observações realizadas durante o período de estágio na turma do curso técnico em química do Instituto Federal, foi constatada a respeito da necessidade de se trabalhar a interdisciplinaridade no meio educacional. Tendo como ponto de partida a tentativa de superar uma abordagem tradicional e fragmentada, foi pensada a construção dessa pesquisa. Mediante essa proposta, tal pesquisa visava responder indagações norteadoras do tipo: “Como a interdisciplinaridade pode contribuir para a aprendizagem da Química de coordenação, assunto esse abordado na disciplina de Química Inorgânica no ensino técnico?” ou ainda “Como a proposta de usar a experimentação poderia contribuir para a contextualização da temática do trabalho?”.

Assim, como resposta a primeira pergunta aqui exposta como norteadora para o trabalho, a interdisciplinaridade vem para contribuir no ensino da Química de coordenação de modo a mostrar ao aluno aplicações das reações de complexação, pois o mesmo aprende quando, de alguma forma, o conhecimento se torna significativo para ele, ou seja, quando estabelece relações substantivas e não arbitrárias entre o que se aprende e o que se já conhece, enxergando propósitos para determinada teoria aprendida em sala de aula. Viu-se ainda que ao transpor os assuntos abordados teoricamente em uma aula experimental, os alunos se interessaram ainda mais a respeito. Tal interesse, pode ter se dado ao se trabalhar com materiais que se encontram em suas próprias casas, que no caso são os alimentos. A experimentação nesse caso contribuiu de forma contextualizadora para a proposta dessa temática já que vivenciaram na prática, ou seja, que para compreender a teoria é preciso experienciá-la, preferencialmente com recursos encontrados no seu dia-a-dia. Sendo a realização de experimentos, em Química, o momento oportuno para que o aluno faça a experimentação do conteúdo e possa assim estabelecer a dinâmica e indissociável relação entre teoria e prática.

Entretanto, tem-se a ciência de que atividades como estas necessitam ser realizadas mais vezes no decorrer do ano letivo, tendo um maior acompanhamento do professor da disciplina. Apenas com dois momentos, como foi realizada esta pesquisa, e

principalmente com base no momento que a mesma foi aplicada, ou seja, em um período pós-greve e calendário mais curto implicou muito pouco tempo para que todos os alunos pudessem compreender de maneira mais significativa essas relações no que tange a interdisciplinaridade.

Referências

Almeida, V. V; Canesin, A. E; Suzuki, M. R.; Palioto, F. G (2013). Análise Qualitativa de Proteínas em Alimentos por Meio de Reação de Complexação do Íon Cúprico. *Revista Química Nova na Escola*. Acesso em 05 fev., 2018, http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_1/06-EEQ-79-11.pdf.

Augusto, S. G. T; Caldeira, A. M. A; Caluzi, J. J; Nardi, R. (2004). Interdisciplinaridade: Concepções de Professores da Área Ciências da Natureza em Formação em Serviço. *Revista Ciência & Educação*. Acesso em 03 fev., 2018, <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n2/09.pdf>.

Barros, C. L. H. (1992). *Química Inorgânica Uma Introdução*. Belo Horizonte. Editora UFMG.

Becker, M. M & Rocha, S. M. A. (2016). Química da digestão: uma proposta interdisciplinar no ensino de química e biologia. *RCT - Revista de Ciência e Tecnologia*. Acesso em 01 fev., 2018, <https://revista.ufrr.br/rct/article/view/2646>.

Brasil (2000). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec. Acesso em 21 dez., 2017, <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>.

_____. (2002). *PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec. Acesso em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>.

_____. (2006). *Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio: v.2*. Acesso em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf.

Cardoso, K. K. (2014). *Interdisciplinaridade no Ensino de Química: Uma Proposta de Ação Integrada Envolvendo Estudos Sobre Alimentos* (Dissertação de mestrado, Programa de Pós – Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências Exatas). Acesso em https://www.univates.br/ppgece/media/pdf/2013/interdisciplinariedade_no_ensino_de_quimica_uma_proposta_de_acao_integrada_envolvendo_estudos_sobre_alimentos.pdf.

Correia, M. R. P; Dazzani, M; Marcondes, R. E. M; Torres, B. B. (2004). A Bioquímica como Ferramenta Interdisciplinar. *Revista Química Nova na Escola*. Acesso em 04 fev., 2018, <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a06.pdf>.

Cunha, M. I. (2007). *O Bom Professor e a sua Prática*, 19ª ed. Campinas, SP: Papirus.

Dias, S. S. (2006). *Eletrodeposição e Caracterização de Ligas SnZn sobre Carbono Vítreo* (Dissertação de mestrado, Departamento de Química Orgânica e Inorgânica da Universidade Federal do Ceará). Acesso em http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFC-7_3e010deb9304ec68c715bc687383f5c8.

Feltre, R. (2004). *Química*. 6ª ed. São Paulo: Moderna, vol. 2.

Gadotti, M. (1999). *Interdisciplinaridade - atitude e método*. Acesso em: http://www.paulofreire.org/moacir_gadotti/artigos/portugues/filosofia_da_educacao.

Henry, J. R; Sobel, C; Berkman, S. (1957). Interferences with Biuret Methods for Serum Proteins. *Analytical Chemistry*. Acesso em 05 fev., 2018, <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac60130a028>.

Junior, F. E. W & Francisco, W. (2006). Proteínas: Hidrólise, Precipitação e um Tema para o Ensino de Química. *Revista Química Nova na Escola*. Acesso em 20 dez., 2017, <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc24/ccd1.pdf>.

Lamego, S. R. C & Santos, F. C. M. (2016). Interdisciplinaridade e Ensino de Biologia: Uma Análise das Diretrizes Curriculares Nacionais e do Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Associação Brasileira de Ensino de Biologia*. Acesso em 02 fev., 2018, <http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/renbio-9/pdfs/2752.pdf>.

Lee, J. D. (2003). *Química Inorgânica Não Tão Concisa*, 5ª ed. São Paulo: Edgar Blücher.

Lehninger, N. D & Cox, M. M. (2014). *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 6 ed. Porto Alegre: Artmed.

Maldaner, O. A. A. (1999). A Pesquisa como Perspectiva de Formação Continuada do Professor de Química. *Revista Química Nova*. Acesso em 01 fev., 2018, http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=2072.

Marcozzo, A & Torres, B. B. (2003). *Bioquímica Básica*. 2ª ed. São Paulo: Guanabara Koogan.

Oliveira, N. S. M. (2010). *Síntese e Caracterização de Complexos Envolvendo Poliaminas e os Íons Metálicos Zinco(II), Níquel(II) e Paládio(II)* (Dissertação de mestrado, Programa de Pós – Graduação em Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro). Acesso em https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16447/16447_1.PDF.

Pires, S. A. (2011). *Bioquímica no Livro Didático de Ensino Médio: Um distanciamento da realidade do aluno?* (Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Acesso em <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/49216>.

Poli Miwa, C. A. (2003). *Comparação e Avaliação dos Métodos Colorimétricos Utilizados para Determinação de Proteínas em Lagoas de Estabilização* (Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo).

Acesso em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-17042006-142148/pt-br.php>.

Pontes, N. A; Serrão, G. R. C; Freitas, A. K. C; Santos, P. C. D; Batalha, A. S. S. (2008). *O Ensino de Ciências no Nível Médio: Um Olhar a Respeito da Motivação*. In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, Paraná. Anais XIV Encontro Nacional de Ensino de Química. Paraná: 2008.

Reginaldo, C. C; Sheid, J. N; Güllich, C. I. R. (2012). *O Ensino de Ciências e a Experimentação*. In: IX ANPED SUL: Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, Encontro de Iniciação à Docência, Rio Grande do Sul. Anais IX ANPED SUL: Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, Encontro de Iniciação à Docência. Rio Grande do Sul: 2012.

Rocha, X. H. H. (2013). *A Contextualização e a Interdisciplinaridade no Ensino de Química: uma análise de livros didáticos “ÁCIDO – BASE” e das propostas pedagógicas realizadas pelos docentes diante da temática* (Dissertação de mestrado, Programa de Pós – Graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte). Acesso em <http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/handle/123456789/17724>.

Santos, A. J; Junior, C P. L; Bejarano, R. R. N. (2012). *A Interdisciplinaridade no Ensino de Química: Uma análise dos artigos publicados na revista Química Nova na Escola entre 1995 e 2010*. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química/ X Encontro de Educação Química da Bahia, Salvador. XVI Encontro Nacional de Ensino de Química/ X Encontro de Educação Química da Bahia, 2012.

Shriver, F. D & Atkins, W. P. (2003). *Química Inorgânica*. São Paulo, editora Bookman, 3ª edição.

Silva, A. R. P; Santos, M., L; Medeiros, B. R.; Ferreira, M., J. (2014). *Interdisciplinaridade e Contextualização no Ensino de Química através da Abordagem Temática Alimentos Transgênicos*. In: I COINTER - PDVL: Programa Internacional Despertando Vocações para Licenciaturas, Pernambuco. Anais I COINTER - PDVL: Programa Internacional Despertando Vocações para Licenciaturas. Pernambuco: 2014.

Silva, R. C. S & Schirlo, C. A. (2014). Teoria da Aprendizagem de Ausubel: Reflexões para o Ensino de Física Ante a Nova Realidade Social. *Revista Imagens da Educação*. Acesso em 03 fev., 2018, <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ImagensEduc/article/viewFile/22694/PDF>.

Vieira, R. (2003). *Fundamentos de Bioquímica*. Universidade Federal do Pará: Pará.

Zaia, M. A. D; Zaia, V. B. T. C; Lichtig, J. (1998). Determinação de Proteínas Totais Via Espectrofotometria: Vantagens e Desvantagens dos Métodos Existentes. *Revista Química Nova*. Acesso em 02 fev., 2018, <https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/427823/LOT2007/metododedetprot.pdf>.

Apêndice A

1º Questionário:

1) Os elementos inorgânicos apresentam papel fundamental nos sistemas biológicos dos seres vivos, além de proporcionar ainda a estabilidade conformacional de biomoléculas e conferir centros de reatividade extremamente versáteis em enzimas. Assim, formam as estruturas de sustentação da vida. Dentre os exemplos a seguir, qual (is) função (ões) você considera que os elementos inorgânicos exercem:

- Captação e transporte de gases atmosféricos;
- Armazenamento de energia;
- Transportamento de elétrons;
- Equilíbrio osmótico;
- Ativação da membrana celular;
- Nenhuma das opções acima.

2) Advindo da palavra grega *protos* que significa “a primeira”, as proteínas são as biomoléculas que se caracterizam por ser a mais abundante delas nos seres vivos, estando presente na maior parte das células. Além disso, possuem várias funções dentro do organismo. Cite algumas dessas funções:

3) A determinação de proteínas se torna essencial para muitos setores, como por exemplo, em análises clínicas onde é possível com a caracterização das quantidades de proteínas nos fluídos biológicos, diagnosticar algumas doenças, como também a problemas relacionados à alimentação humana, existindo vários tipos de dietas com determinados teores de proteínas. Para essa determinação existem métodos específicos, como o método de Biureto (convencional e alternativo). Você já ouviu falar de algum desses métodos?

Sim

Não

Apêndice B

I - Segurança

Para que se inicie uma atividade que envolva o manuseio de uma substância química, além de outros instrumentos científicos, o operador deve ter consciência e a firmeza em buscar as informações pertinentes à atividade a ser desenvolvida. *É importante realizar as tarefas com atenção, para a total segurança de todos no laboratório.*

II – Roteiro da prática: Caracterização de proteínas via Método de Biureto convencional e alternativo.

1 - Aparelhagem e Material utilizado:

- Bastões de vidro;
- Béqueres de 250 mL;
- Pipetas graduadas de 2 e 5 mL;
- Pipeta Pasteur;
- Tubos de ensaio;
- Estante para tubos de ensaio;

2 - Reagentes:

- Leite desnatado;
- Água destilada;
- Sal;
- Açúcar;
- Amido de milho;
- Caldo de carne fresca;
- Solução de Ovoalbumina 10%;
- Solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) 20%;
- Solução de Sulfato de Cobre (CuSO₄) 0,25 mol/L;
- Reagente de Biureto.

3. Procedimentos:

3.1 - Identificação química de proteínas com reativo de Biureto:

- Preparar 7 tubos de ensaio:

TUBOS (I, II, III, IV, V, VI e VII).

- Tubo I: 2 mL de água destilada;
- Tubo II: 2 mL de leite desnatado;
- Tubo III: 2 mL da solução de ovoalbumina.
- Tubo IV: 2 mL de caldo (extrato) de carne fresca
- Tubo V: 2 mL de água + amido de milho (pitada)

- Adicionar 5 mL de reagente de Biureto aos tubos I, II, III, IV, V, VI e VII;
- Agitar e aguardar 10 minutos à temperatura ambiente, observar a coloração em cada tubo;

3.2 - Identificação química de proteínas sem o reativo de Biureto:

- Preparar 7 tubos:

TUBOS (I, II, III, IV, V, VI e VII).

- Tubo I: 20 gotas de água destilada
- Tubo II: 10 gotas de leite + 10 gotas de água
- Tubo III: 10 gotas de caldo de carne fresca + 10 gotas de água;
- Tubo IV: 10 gotas da solução de ovoalbumina + 10 gotas de água;
- Tubo V: 20 gotas de água + amido de milho (pitada);
- Tubo VI: 20 gotas de água + açúcar (pitada);

- Adicionar 20 gotas de NaOH 20% e 5 gotas de CuSO_4 0,25 mol/L aos tubos I, II, III, IV, V, VI e VII;
- Agitar e aguardar 10 minutos à temperatura ambiente, observar a coloração em cada tubo;

3.3 - Colorações em diferentes concentrações de extrato de carne:

- Separar 4 tubos de ensaio.
 - ✓ Ao primeiro, adicionar 3 gotas de extrato de carne;
 - ✓ Ao segundo, 8 gotas;
 - ✓ Ao terceiro, 13 gotas;
 - ✓ E ao quarto, 23 gotas.

- Sobre cada amostra, adicionar 20 gotas de solução de NaOH 20% e 5 gotas de solução de CuSO_4 a 0,25 mol/L. Completar o volume com água (aproximadamente 5 mL). Agitar e aguardar.

Apêndice C

2º Questionário

- 1) A conformação tridimensional da proteína é extremamente importante para sua atividade funcional. A desnaturação proteica – por exemplo, por altas temperaturas – é um processo que desfaz as interações moleculares que mantêm a conformação tridimensional da proteína, afetando assim sua função. O ato de fritar ou cozinhar um ovo, por exemplo, afeta a conformação da proteína albumina encontrada na sua clara, que fica esbranquiçada após esse processo e, mesmo com a diminuição da temperatura, ela não volta ao estado normal. Se você utilizar o método do Biureto para detectar as proteínas da clara de um ovo cru e de um cozido, encontrará resultados semelhantes? Explique

- 2) Na preparação de uma amostra para análise de proteínas, pode - se encontrar também aminoácidos livres. É possível detectar esses aminoácidos pela reação de Biureto? Justifique sua resposta

- 3) Na prática realizada sobre a caracterização de proteínas via método de Biureto, foram realizados dois experimentos que apresentaram os mesmos resultados. Entretanto a realização de ambas se deu de modo diferente. Explique a finalidade do uso do reagente de Biureto no experimento I.

- 4) O elemento cobre está presente em dois estados de oxidação comuns, +1 e +2. Ambos os íons são esperados formar compostos coloridos? Explique.

- 5) Apresente uma limitação do método de Biureto e explique - a.
