

## 1- INTRODUÇÃO

### 1.1- Uma síntese sobre o ensino de ciências.

Segundo estudo realizado por Nardi (2005), os documentos mostram que, a partir do final da década de 40 e início da década de 50, ocorreram diversas ações isoladas que facilitaram a constituição dos primeiros grupos de pesquisa em ensino de Física no país como, por exemplo, aqueles consolidados nos Institutos de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e da Universidade de São Paulo (USP), que possuem registros publicados relatando o início de suas atividades.

Começando pelo final da década de 40 do século passado, no ano de 1946, quando, paralelamente à promulgação da Constituição da então chamada República dos Estados Unidos do Brasil, os ensinos primário, normal e agrícola foram normatizados através de leis orgânicas. É neste mesmo ano que surge o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC), apontado por Nardi (2005) como um dos marcos importantes na constituição da área de ensino de Ciências, ao implantar diversos projetos de ensino de Ciências no país.

Barra e Lorenz (1986), ao estudarem a produção de materiais didáticos no Brasil no período de 1950 a 1980, descrevem este período de forma sucinta: citam que, nessa época, além do IBECC, a Fundação para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), e o Projeto Nacional para a Melhoria de Ensino de Ciências (PREMEN) são considerados importantes no desenvolvimento do movimento curricular ocorrido entre os anos de 1950 e 1980 no Brasil. Segundo esses autores, desde a instituição do ensino público secundário no Brasil em 1838 até o período anterior a 1950, os livros didáticos utilizados no Brasil “refletiam o que havia de melhor no pensamento europeu sobre o ensino de ciências” e “não só estabeleciam os conteúdos a serem ensinados como também influíam na metodologia empregada pelos professores na sala de aula e constituíam-se em traduções ou adaptações dos mais populares manuais europeus de física, química e biologia”.

Esse quadro muda a partir de 1946, com a instalação do IBCEC, quando essas instituições nacionais tomaram a liderança no desenvolvimento de materiais didáticos na área de ensino de Ciências. A instalação do IBCEC proporcionou a implantação de projetos que se iniciaram com o apoio a atividades escolares como feiras, museus e clubes de Ciências, pesquisas e treinamento de professores.

Em resumo, os autores Barra e Lorenz (1986) entendem que a análise das atividades dessas instituições no período de 1950 a 1980 revela dois momentos distintos no movimento de renovação curricular do ensino de Ciências no Brasil: um primeiro momento, que correspondeu à tradução e adaptação de materiais didáticos produzidos nos Estados Unidos e Inglaterra na década de 50 e um segundo momento que se caracterizou pela produção de materiais didáticos elaborados para atender às necessidades das escolas brasileiras.

Ainda segundo Nardi (2005), há diferentes interpretações para quais teriam sido os fatores determinantes da constituição da área de ensino de ciências, mas de acordo com suas pesquisas, os principais fatores, são, em ordem de importância, os seguintes:

I) *Os projetos de Ensino*, isto é, a implantação, tradução e aplicação, nos cursos de licenciatura e nas escolas de ensino médio do país, nas décadas de 1960 e 1970, de projetos estrangeiros como PSSC (Physical Sciences Study Committee), BSCS (Biological Science Curriculum Study), CBA (Chemical Bond Approach) e outros e, na seqüência, a partir destes, o surgimento de versões nacionais como PEF (Projeto de Ensino de Física), PBEF (Projeto Brasileiro de Ensino de Física) e FAI (Física Auto-Instrutiva), especialmente no Instituto de Física da USP (IFUSP). Tais projetos têm como cenário um contexto de reestruturação do ensino de Ciências que parece ocorrer em nível mundial, com base na idéia de que os currículos escolares necessitam ser atualizados, em função dos avanços observados na ciência e da preocupação (vigente nas potências capitalistas ocidentais) com o nível de desenvolvimento científico e tecnológico atingido pela então União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), concretizado pelo impacto provocado pelo lançamento do primeiro satélite artificial da Terra, o Sputnik.

II) *As políticas públicas nacionais de fomento à pós-graduação*, à pesquisa e a projetos de ensino de Ciências e Matemática.

III) *O Projeto CAPES/PADCT* (Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico)/*SPEC* (Subprograma de Educação para a Ciência). Particularmente, no caso da melhoria do ensino de Ciências, os editais do SPEC, além de apoiar

projetos na área de ensino de Ciências e Matemática, favoreceram a capacitação de docentes das universidades brasileiras nessa área, através da saída dos primeiros docentes do ensino superior para cursar mestrado e doutorado no exterior.

IV) *A criação de programas de pós-graduação em ensino de Ciências no Brasil*, inicialmente em nível de mestrado, e na área de ensino de Física, junto aos institutos de Física da USP e da UFRGS, sendo que muito depois surgem os atuais programas de pós-graduação em ensino de Ciências, sediados em institutos de Ciências ou nas faculdades de Educação, e cuja maioria foi cadastrada na Área de Ensino de Ciências e Matemática (Área 46 da CAPES)

V) *O papel das faculdades de Educação*. Destaque especial é dado ao papel das faculdades de Educação no apoio à formação dos primeiros doutores na área, que, impossibilitados de se capacitarem nos institutos de origem, por supostas incoerências de objetos de estudo, recorreram e ainda recorrem às faculdades de Educação para cursar seus mestrados e/ou doutorados sobre o ensino das Ciências.

VI) *Movimentos para a melhoria do ensino*. Esses movimentos também são fatores que contribuíram para o início da pesquisa. Alguns episódios são considerados importantes, tais como a reação de alunos do IFUSP em relação aos resultados insatisfatórios obtidos pelo ensino de Física nos cursos secundários e superiores, reação esta que gerou a preocupação de repensar o ensino tradicional, e teve como um de seus resultados a introdução, no curso de Física, da disciplina “Instrumentação para o Ensino de Física”. Esta disciplina acabou sendo adotada nos demais cursos de Física pelo país, e também por muitos cursos de Química, como foi o caso do curso de licenciatura em Química do Instituto de Química da USP; note-se ainda que em diversos cursos essa disciplina fica a cargo de mestres e doutores capacitados na área de ensino de Ciências.

VII) *O papel das sociedades científicas*. Durante o período da ditadura militar instalada no Brasil a partir de 1964, sociedades científicas como a SBPC, a Sociedade Brasileira de Física e a Sociedade Brasileira de Química apoiaram resolutamente a luta pelo restabelecimento do estado de direito e pela democratização das oportunidades educacionais no país, tendo mobilizado esforços, por exemplo, contra a chamada Resolução 30/74, que implantou as chamadas “licenciaturas curtas” no país, as quais aligeiravam o processo de formação de professores de Ciências e Matemática. A abertura de secretarias ou seções de ensino nessas sociedades oportunizou os primeiros encontros, simpósios e demais eventos sobre o ensino de Ciências, e também é considerada como um fator importante para a consolidação da área.

VIII) *Os eventos iniciados pelas sociedades científicas na década de 1970*, como o Simpósio Nacional de Ensino de Física (1970), no IFUSP, e o Encontro e Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ), no Rio Grande do Sul, por volta de 1980, que

originou posteriormente o Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ). Esses eventos foram decisivos para constituição e consolidação da área.

IX) *O surgimento de publicações periódicas da área*, como a revista *Cultus*, a *Revista de Ensino de Ciências* da FUNBEC, a *Revista de Ensino de Física* criada no IFUSP, e o *Caderno Catarinense de Ensino de Física* da Universidade Federal de Santa Catarina. Essas publicações são citadas, também, como fatores de aglutinação de esforços em prol da melhoria do ensino, tendo sido importantes para configurar os primórdios da área de ensino de Ciências no país.”

## 1.2- Uma síntese sobre as mudanças no ensino de ciências.

Mas é importante lembrar que, paralelamente a todos esses processos que contribuíram para transformar e consolidar o ensino de ciências como uma área de atuação e pesquisa, a escola passou por grandes mudanças nesses últimos sessenta anos. De acordo com Krasilchik (2000), a evolução das tendências na área de ensino pode ser organizada em três etapas:

A primeira etapa, da guerra fria, vai de 1950 a 1970. Nesse período o objetivo da escola era a formação de uma elite intelectual, baseada em programas rígidos de ensino. A ciência era estudada como uma atividade neutra e as aulas práticas eram as modalidades didáticas recomendadas. No Brasil, a necessidade de preparação de alunos mais aptos era defendida em nome da demanda de investigadores para impulsionar o progresso da ciência e tecnologia nacionais das quais dependia o país em processo de industrialização. A sociedade brasileira, que se ressentia da falta de matéria-prima e produtos industrializados durante a 2ª Guerra Mundial e no período pós-guerra, buscava superar a dependência e se tornar auto-suficiente, para o que uma ciência autóctone era fundamental. A Lei 4.024 – Diretrizes e Bases da Educação, de 21 de dezembro de 1961, ampliou bastante a participação das ciências no currículo escolar, que passaram a figurar desde o 1º ano do curso ginásial. No curso colegial, houve também substancial aumento da carga horária de Física, Química e Biologia. Esse período marcante e crucial na história do ensino de Ciências, que influi até hoje nas tendências curriculares das várias disciplinas, tanto no ensino médio como no fundamental, foi dando lugar, ao longo dessas últimas décadas, a outras modificações em função de fatores políticos, econômicos e sociais que resultaram, por sua vez, em

transformações das políticas educacionais, em função das quais ocorreram mudanças no ensino de Ciências.

A segunda etapa, que vai de 1970 a 1990, está relacionada com a guerra tecnológica, quando o objetivo da escola passa a ser o de formar cidadãos-trabalhadores, orientada pelos parâmetros curriculares estaduais. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação nº 5.692, promulgada em 1971, norteia claramente as modificações educacionais e, conseqüentemente, as propostas de reforma no ensino de Ciências ocorridas neste período. Mais uma vez as disciplinas científicas foram afetadas, agora de forma adversa, pois passaram a ter caráter profissionalizante, descaracterizando sua função no currículo. A ciência é estudada dentro de um contexto histórico-evolutivo baseado no pensamento lógico-crítico. Nesse período, surgem os projetos e as discussões como modalidades didáticas recomendadas. A nova legislação conturbou o sistema, mas as escolas privadas continuaram a preparar seus alunos para o curso superior e o sistema público também se reajustou de modo a abandonar as pretensões irrealistas de formação profissional no 1º e 2º graus por meio de disciplinas pretensamente preparatórias para o trabalho.

A terceira etapa está relacionada ao processo de globalização observado após 1990, quando a ciência passa a ser vista como uma atividade com implicações sociais e, dado o avanço tecnológico, as atividades ligadas ao uso do computador são as modalidades didáticas mais recomendadas. Atualmente, orientada por parâmetros curriculares federais, a escola se preocupa em formar um cidadão-trabalhador-estudante. Em 1996, foi aprovada uma nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação, nº 9.394/96, a qual estabelece, no parágrafo 2º do seu artigo 1º, que a educação escolar deverá vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social. O artigo 26 estabelece que “os currículos do ensino fundamental e médio devem ter uma base nacional comum, a ser complementada pelos demais conteúdos curriculares especificados nesta Lei e em cada sistema de ensino”. A formação básica do cidadão na escola fundamental exige o pleno domínio da leitura, da escrita e do cálculo, a compreensão do ambiente material e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade. O ensino médio tem a função de consolidação dos conhecimentos e a preparação para o trabalho e a cidadania para continuar aprendendo. Esse aprendizado

inclui a formação ética, a autonomia intelectual e a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos. Embora a lei indique precariamente os valores e objetivos da educação nacional, espera-se que a escola forme o cidadão-trabalhador-estudante quando, por exemplo, determina em seu artigo 80: “O Poder Público incentivará o desenvolvimento e a veiculação de programas de ensino a distância, em todos os níveis e modalidades de ensino, e de educação continuada.”

### **1.3- Uma síntese sobre a pesquisa no ensino de ciências.**

Para Villani (2008), de acordo com sua dinâmica estrutural, o desenvolvimento da pesquisa na área de ensino ocorreu em três fases: a primeira está relacionada ao início do processo quando a pesquisa em ensino de ciências começa a ser realizada como incursões isoladas e individuais. Num segundo momento, temos a fase da unificação, quando consolidam-se grupos de pesquisa com a união dos pesquisadores de acordo com a similaridade de suas linhas de pesquisa. Por último, segue-se a fase em que, com a pesquisa em ensino de ciências já consolidada como área de atuação, os grupos se permitiram ampliar suas linhas de pesquisa diante da necessidade de compreendermos toda a multiplicidade de fatores envolvidos no processo de ensino-aprendizagem e do desenvolvimento de novas técnicas e ferramentas que podem utilizadas nesse processo.

Assim como ocorreram mudanças nos objetivos e ênfase das propostas curriculares, também a pesquisa foi evoluindo ao longo do tempo. No início, foi dada ênfase para avaliação dos resultados dos projetos curriculares, mas o crescimento das críticas ao modelo experimental, quantitativo, influenciado pela linha psicometrista, gradualmente levou à adoção de novos paradigmas de pesquisa. Passou-se a obter dados com observação direta, estudo de documentos, entrevistas com os componentes e usuários dos projetos curriculares, alunos, professores, administradores em projetos de pesquisa quantitativa. Dentro dessa linha básica, foram usadas medidas qualitativo-fenomenológicas, processos etnográficos, naturalísticos, pesquisa participante, estudos de caso, entre outros. Porém, o debate entre os que defendem a linha por muitos chamada experimental, que exige dados quantitativos, e os que

preferem uma linha naturalística, que apresenta o processo educacional em toda a sua complexidade de intrincadas relações, está longe de ser encerrado. (Krasilchik, 2000).

Segundo palestra ministrada pelo professor Dr. Alberto Villani (dados não publicados) em uma mesa redonda na 35ª reunião anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica – SBBq – a pesquisa na área de ensino em ciências pode ser organizada, de acordo com o tipo de abordagem utilizada pelos pesquisadores na realização de seus trabalhos, em cinco momentos:

1º- ocorrido na década de 60, o qual o professor Villani denomina de a era dos grandes projetos. Nessa época, buscava-se um método à prova de professor e aluno, quando vários cientistas, psicólogos e profissionais de comunicação se juntaram para elaboração de cartilhas que, se seguidas passo a passo, seriam suficientes para conduzir o aluno em sua formação científica. A justificativa desse empreendimento baseava-se na idéia de que a formação de uma elite que garantisse a hegemonia norte-americana na conquista do espaço dependia, em boa parte, de uma escola secundária em que os cursos das Ciências identificassem e incentivassem jovens talentos a seguir carreiras científicas (Krasilchik, 2000).

2º- ocorrido na década de 70, quando inicia-se a pesquisa sobre as concepções alternativas, que procura descobrir o que o aluno pensa. Os estudos sobre as estruturas cognitivas (Piaget), a aprendizagem significativa (Ausubel) e as concepções alternativas (Viennot, Driver & Easley) constituíram uma mudança de enfoque e de metodologia. A mudança alcança também a metodologia de pesquisa: análises quantitativas são reduzidas; entrevistas clínicas, análise de discurso, observações sistemáticas, testes com imagens e mapas conceituais começam a ser utilizados em larga escala.

3º- na década de 80, a era da mudança conceitual: a pesquisa testa estratégias do professor para transformar os conhecimentos dos alunos. A responsabilidade do professor está em encontrar as estratégias, que levem os alunos a confrontar as várias idéias e reduzir as inconsistências presentes em seu modo de pensar (Hewson & Hewson, 84). Conflitos cognitivos, analogias e atividades metacognitivas são os instrumentos privilegiados para alcançar as mudanças pretendidas, ou seja, substituição do conceito alternativo pelo conceito aceito cientificamente. Atualmente, há um movimento para substituir a

idéia de mudança do conceito alternativo pela idéia de alteração do perfil conceitual (Mortimer, 1995). Essa linha de abordagem postula que o aluno não substitui seus conceitos alternativos pelos conceitos científicos, mas aprenderia a usar um ou outro conceito de acordo com a necessidade da situação.

4º- nos anos 90, definido por Villani como a era da linguagem: as pesquisas buscam modelos que articulem cognição e motivação. Há uma focalização no discurso em sala de aula com atenção para o deslize do significado na interação verbal e da possibilidade de relação ressonante entre linguagem comum e científica. As pesquisas procuram entender a dinâmica subjetiva da motivação em uma análise das implicações do desejo no processo de aprendizagem, individual e em grupo, e da relação de professor e alunos com o saber científico.

5º- nesta última década, a era da inclusão: as pesquisas tentam encontrar formas de ajudar o professor de ciências a enfrentar os desafios da complexidade, interdisciplinaridade e exclusão social. E é nesse contexto, de auxiliar o professor de bioquímica em seu dia a dia em sala de aula, que o nosso projeto de pesquisa se insere, tentando diagnosticar os principais problemas enfrentados pelos alunos para, após identificar a origem desses problemas, indicar aos professores os pontos da disciplina que merecem maior atenção.

Vale ressaltar que atualmente, há uma intensa atividade de investigação nos cursos de pós-graduação, acumulando um considerável acervo de conhecimento. Investigações sobre as relações professor-alunos, enfatizando vários aspectos do trabalho em laboratório, discussão de problemas e o papel das perguntas em classe, efeito de atividades para aperfeiçoamento de professores na mudança de atitude e aquisição de conhecimentos e o papel dos centros e museus da Ciência são algumas das questões em que os pesquisadores vêm trabalhando (Krasilchik, 2000).

#### **1.4- Sobre as publicações das pesquisas na área de ensino.**

O campo das pesquisas na área de educação tem se mostrado cada vez mais amplo, com uma grande variedade de abordagens sobre o assunto. Essa forte expansão das pesquisas em ensino tem se revelado pela proliferação de

revistas exclusivamente dedicadas ao assunto. A evolução é tamanha que, hoje, já é possível encontrar publicações dedicadas exclusivamente aos temas de ensino dentro de quase todas as áreas de conhecimento como, por exemplo, a *Physics Education*, a *Medical Education*, o *Journal of Nutrition Education*, a *Cell Biology Education*, o *Journal of Biological Education*, o *Lutheran Education*, o *Journal of American Indian Education*, o *Education and Information Technologies*, a *Teaching Education*, o *Journal of Developmental Education*, a *Computers and Education*, o *Journal of Interactive Media in Education* e a *Distance Education Report*. Na área específica da bioquímica podemos citar a *Biochemical Education*, posteriormente convertida para *Biochemistry and Molecular Biology Education* (BAMBED). Também temos no Brasil, algumas publicações dedicadas à área de ensino, tais como: o Caderno Catarinense de Ensino de Física, a Ciência e Ensino, a Investigações em Ensino de Ciências e a Revista Brasileira de Ensino de Física. Para a divulgação dos temas relacionados à bioquímica temos a Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular. Algumas publicações são impressas e também publicadas na *web*, enquanto outras utilizam apenas a internet como meio de publicação como, por exemplo, o *Electronic Journal of Science Education*. O volume de informação é tamanho, que um *site* especializado, o *Educational Resources Information Center* (ERIC), foi criado para otimizar as buscas por artigos relacionados ao tema.

### 1.5- Sobre a importância da disciplina de bioquímica.

A disciplina de bioquímica é parte integrante do currículo de Química e de todos os cursos de graduação da Área Biológica - Ciências Biológicas, Educação Física, Ciências Farmacêuticas, Medicina, Nutrição, Odontologia, Medicina Veterinária, Enfermagem, Terapia Ocupacional e Fisioterapia, além de Ciências Moleculares. A bioquímica é ministrada no ciclo básico desses cursos sendo, inclusive, pré-requisito para outras disciplinas. Isso significa que inconsistências conceituais não solucionadas durante o curso da disciplina de bioquímica podem comprometer, não só o seu rendimento e aproveitamento em outras disciplinas, como podem também comprometer a formação

profissional do aluno. Percebe-se, com isso, a importância que essa disciplina apresenta no processo de formação do aluno.

#### **1.6- Sobre as dificuldades na disciplina de bioquímica.**

A Bioquímica sempre foi uma disciplina considerada complicada de ser ministrada devido à sua característica interdisciplinar, à complexidade dos conteúdos, visto que trata de fenômenos micro e macromoleculares, difíceis de serem abstraídos e compreendidos, principalmente, devido à grande circulação de conceitos errados nos meios de comunicação de massa. Outra dificuldade do ensino da Bioquímica diz respeito à seleção dos conteúdos a serem apresentados, em virtude do grande volume de informações atualmente existente, que devem ser restringidos para adequação ao tempo disponível nas disciplinas de Bioquímica Básica (Yokaichiya, 2005).

São de conhecimento geral as dificuldades que os estudantes enfrentam no aproveitamento desta disciplina. Os conceitos prévios (alternativos) que trazem do ensino médio ou derivados do senso comum são uma das muitas causas de suas dificuldades. A base instável constituída por estes conceitos admite uma construção de conhecimentos precária e, quando falha em dar suporte a construções mais complexas, encaminha os estudantes para a memorização.

## 2- OBJETIVOS

Segundo Moran (2000), educar é colaborar para que professores e alunos - nas escolas e organizações - transformem suas vidas em processos permanentes de aprendizagem. É ajudar os alunos na construção da sua identidade, do seu caminho pessoal e profissional - do seu projeto de vida, no desenvolvimento das habilidades de compreensão, emoção e comunicação que lhes permitam encontrar seus espaços pessoais, sociais e profissionais e tornarem-se cidadãos realizados e produtivos.

O presente trabalho, ao analisar dúvidas recebidas dos estudantes através do Plantão *on line*, procura olhar para essas dificuldades na disciplina de bioquímica sob o ponto de vista dos alunos, tentando, além de solucionar o problema imediato do estudante, encontrar a origem dessas dificuldades na tentativa de oferecer alternativas para que o docente possa solucionar os problemas dos graduandos durante o curso da disciplina de bioquímica.

Participando de turmas numerosas, os alunos iniciantes têm dificuldades em procurar esclarecimento de suas dúvidas em tempo hábil para prosseguir sem atropelos seu aprendizado. As estratégias de ensino rotineiramente adotadas atenuam, mas não eliminam o problema. Por outro lado, sem claras informações sobre as dificuldades individuais dos seus estudantes, os professores ficam inabilitados a ajudá-los. Até mesmo porque o problema imediato apresentado muitas vezes tem origem em conceitos preliminares que foram mal incorporados.

Diante disso, o nosso projeto se coloca tanto como um serviço prestado à comunidade dos alunos e professores do Departamento de Bioquímica do Instituto de Química da USP (IQUSP), quanto uma pesquisa educacional sobre as dificuldades no aprendizado de Bioquímica.

Com essas duas propostas, nosso projeto apresenta os seguintes objetivos:

2.1 – Criar e manter um plantão de dúvidas de Bioquímica *on line*.

2.2- Oferecer um apoio aos estudantes de Bioquímica para resolver suas dúvidas no momento em que elas surgem, ao longo do andamento da disciplina, tentando contribuir para que as deficiências prévias apresentadas

pelos alunos possam ser solucionadas no momento em que aparecerem para que o estudante consiga seguir sem atropelos pela disciplina de bioquímica de modo que esse conhecimento possa, efetivamente, ser utilizado e aplicado no decorrer da graduação e, conseqüentemente, na carreira profissional do aluno.

2.3- Compor, com as questões apresentadas, um banco de dados que permitirá uma investigação sobre os pontos mais críticos que limitam o aprendizado de Bioquímica, onde serão analisados:

2.3.1 - as questões mais freqüentes por assunto;

2.3.2 - os conceitos bioquímicos que geram mais dificuldades;

2.3.3 - os possíveis conceitos prévios/deficiências que induziram as dificuldades apresentadas;

2.4- Oferecer ao professor um diagnóstico das dificuldades dos alunos na disciplina de Bioquímica para que ele possa conhecer os problemas enfrentados pelos alunos ao longo da disciplina, tendo uma maior possibilidade de orientá-los.

2.5- Classificar as dúvidas recebidas de acordo com o seu nível de complexidade para tentar estabelecer uma abordagem mais adequada dos conteúdos da disciplina.

### 3- PROCEDIMENTOS

#### 3.1- Sobre a escolha da metodologia.

O ensino tradicional, assim como vem sendo trabalhado após o Renascimento, formador da grande maioria do capital intelectual brasileiro, passa por um processo de redefinição de seus objetivos e estratégias. A partir da realidade tradicional e suas possibilidades de formação de cidadãos, buscamos novos paradigmas para a educação, baseados em um “complexo problemático” que se coloca (Delors, 2000). Diante disso, cabe uma discussão sobre o atual padrão de atendimento no ensino de bioquímica e uma reflexão sobre alguns aspectos do padrão de qualidade que almejamos para assegurar ao aluno a possibilidade de desenvolver o conhecimento de forma significativa.

Uma das estratégias para amenizar os problemas mencionados é o oferecimento de um serviço de atendimento para resolução de dúvidas. Este tipo de atendimento já foi utilizado com sucesso no Departamento de Bioquímica em 1995 e 1996, por meio de um projeto denominado Plantão de Dúvidas, coordenado pelo orientador deste projeto, Professor Doutor Bayardo Baptista Torres. O atendimento presencial neste plantão foi feito por estudantes de pós-graduação do próprio departamento, apresentando resultados bastante satisfatórios conforme mostra a Tabela 1 (dados não publicados).

**Tabela 1 - PLANTÃO DE DÚVIDAS**

1 <sup>o</sup> semestre - 1995 Atendimentos = 100			
Qualidade do Atendimento	Ruim	Razoável	Bom
	0	3	97
Resolução da Dúvida	Não	Parcial	Sim
	0	9	91

2 <sup>o</sup> semestre - 1995 Atendimentos = 48			
Qualidade do Atendimento	Ruim	Razoável	Bom
	2	6	92
Resolução da Dúvida	Não	Parcial	Sim
	4	13	83
1 <sup>o</sup> semestre- 1996 Atendimentos = 229			
Qualidade do Atendimento	Ruim	Razoável	Bom
	1	9	91
Resolução da Dúvida	Não	Parcial	Sim
	1	24	74

Paradoxalmente, muitos alunos sentem-se mais confortáveis em expor suas dúvidas em cursos à distância, nos quais, segundo eles, sua timidez é contornada pela forma de comunicação adotada: *e-mails*, listas de discussão ou *chats* (Yokaichiya et al, 2004; Yokaichiya, 2005). Levando este dado em consideração, em adição a inúmeras outras vantagens, algumas empresas comerciais ligadas à educação oferecem um serviço de atendimento eletrônico para estudantes de colégios conveniados. De forma semelhante, mas gratuita, a Sociedade Brasileira de Química (SBQ) oferece, desde 1996, um atendimento a estudantes de Química<sup>1</sup>. De fato, o uso do correio eletrônico demanda apenas pequena familiarização com o uso do computador, habilidade presente em praticamente todos os graduandos. Por seu baixo custo e facilidade operacional, esta alternativa tem grandes possibilidades de ser incorporada às instituições de ensino superior (Anderson & Harris, 1997; Starr & Milheim, 1996).

É possível adotar a internet como mais um ambiente capaz de instaurar situações dialogadas de ensino-aprendizagem, nas quais orientador e aprendiz não precisam compartilhar o mesmo espaço geográfico de convivência, mas

<sup>1</sup> URL: [www.s bq.org.br/ensino/orienta](http://www.s bq.org.br/ensino/orienta)

possam se aproximar pela prática de ensinar e aprender (Giordan e Mello, 2000).

O professor, tendo uma visão pedagógica inovadora, aberta, que pressupõe a participação dos alunos, pode utilizar algumas ferramentas simples da Internet para melhorar a interação presencial-virtual entre todos (Moran, 2000).

Partindo da afirmação de Vygotsky, segundo a qual o sujeito da aprendizagem não é um ser somente ativo, mas interativo, o plantão de dúvidas se coloca como mais uma ferramenta importante na relação de ensino-aprendizagem.

É importante que se perceba que a própria elaboração de uma dúvida por meio da escrita já coloca o sujeito diante do problema de transmitir ao outro aquilo que não entende, procurando se fazer entendido. A elaboração escrita de uma dúvida é, portanto, um processo de problematização. Aprender a perguntar é uma habilidade que ambos, professor e aluno, não devem perder de vista, especialmente quando se tem a clareza de que para se aprender é preciso aprender a interrogar a natureza e o outro (Giordan e Mello, 2000).

Uma das premissas pedagógicas utilizadas em Educação à Distância (EAD) é baseada no construtivismo. O construtivismo assume fundamentalmente a idéia de que o indivíduo é agente ativo de seu próprio conhecimento, isto é, ele constrói significados e define o seu próprio sentido e representação da realidade de acordo com suas experiências e vivências em diferentes contextos (Silva, 2003).

Wilson (1995) define algumas finalidades de um ambiente construtivista de aprendizagem à distância a partir dos princípios teóricos desse enfoque:

1. Possibilitar ao participante a decisão sobre tópicos e subtópicos dos domínios a serem explorados, além dos métodos de estudo e das estratégias para a solução de problemas.

2. Oferecer múltiplas representações dos fenômenos e problemas estudados, possibilitando que os participantes avaliem soluções alternativas e testem suas decisões.

3. Envolver a aprendizagem em contextos realistas e relevantes, isto é, mais autênticos em relação às tarefas da aprendizagem.

4. Colocar o professor/tutor no papel de um consultor que auxilia os participantes a organizarem seus objetivos e caminhos na aprendizagem.

5. Envolver a aprendizagem em experiências sociais que reflitam a colaboração entre professores-alunos e alunos-alunos.

Talvez o principal impacto das orientações construtivistas esteja no redirecionamento do olhar: se antes era dirigido aos métodos de ensino, hoje é voltado para os processos de aprendizagem. O olhar do educador dirige-se assim para as potencialidades e as dificuldades dos estudantes em suas interações com os conteúdos escolares. Segundo Mason (1998) a tendência atual do processo pedagógico está polarizada pela importância da aprendizagem e a mudança do papel do professor de sábio para guia deste processo (Silva, 2003).

Desde a chegada da internet no Brasil e especialmente após a divulgação da rede para a sociedade em geral, tem-se observado uma crescente demanda de alunos que procuram espontaneamente pelo atendimento de especialistas para resolver suas dúvidas sobre os mais variados temas e mais especificamente os temas do conhecimento químico. Essa crescente demanda se materializou na organização de diversos serviços de atendimento, que vêm sendo oferecidos por equipes de professores a alunos, escolas e grupos de escolas (Mello, 2003).

Além disso, é importante ressaltar que vários países, entre eles o Brasil, estão adquirindo computadores pessoais (PC) para suas escolas. Através de programas como o PROINFO, o governo federal forneceu equipamentos de informática para as escolas públicas de ensino médio. Isso significa que, num futuro próximo, essa forma de interação professor-aluno, via internet, se tornará cada vez mais freqüente já que, segundo afirma Bastos (1997), a educação no mundo de hoje tende a ser tecnológica, o que, por sua vez, vai exigir o entendimento e interpretação de tecnologias. O que se percebe nesta sociedade da informação é que todos estamos reaprendendo a conhecer, a comunicar-nos, a ensinar e a aprender; a integrar o humano e o tecnológico; a integrar o individual, o grupal e o social (Moran, 2000).

Estas considerações também se aplicam ao papel da universidade na comunidade onde ela está inserida. É importante pesquisar, testar e analisar essa nova forma de interação professor aluno, pois, desta forma, poderemos

identificar pontos positivos e negativos desta nova maneira de ensinar e aprender. As tecnologias digitais de informação possibilitam, além da busca, seleção e sistematização da informação, a possibilidade de troca da informação gerada (Rodrigues, 2002).

A constante renovação dos saberes aponta para a grande necessidade de atualização contínua, cuja aprendizagem não se dá somente nas Escolas, mas também no nosso dia-a-dia: no trabalho, nos programas de rádio e TV, nas comunidades virtuais mediadas por computador, em ambientes virtuais de aprendizagem, enfim, de forma continuada (Cortella, 1999).

Atualmente a legislação prevê o uso desta estratégia/metodologia na formação de adultos e crianças, e são muitas as facilidades apontadas pelo uso de recursos tecnológicos de informação e comunicação, seja em cursos presenciais, semipresenciais ou totalmente à distância (Rodrigues, 2002).

Por isso, o uso de computadores na educação como mediador de aprendizagem tem sido tema de vários outros estudos. E seguindo essa linha educacional, optamos por instalar um plantão de dúvidas *on-line*, no qual utilizamos essa nova ferramenta para auxiliar os alunos, enquanto coletamos dados para a nossa pesquisa.

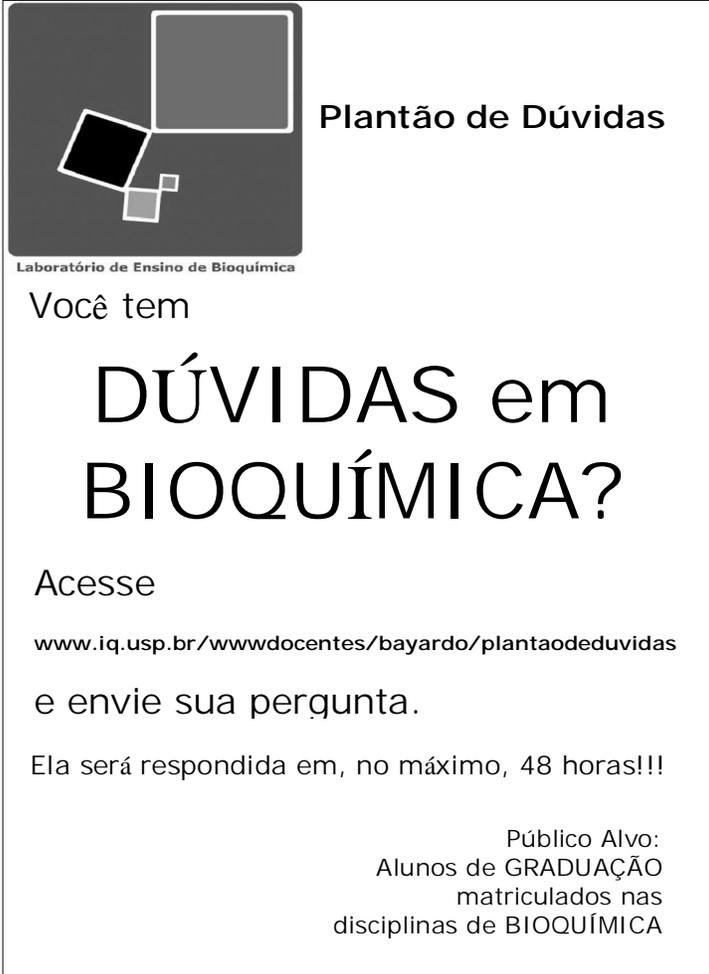
### 3.2- Sobre a divulgação do Plantão de Dúvidas *on-line*.

O serviço foi divulgado durante três semestres, 1º e 2º semestres de 2006 e 1º semestre de 2007. A cada semestre, na aula inaugural da disciplina de Bioquímica de cada curso de graduação do Departamento de Bioquímica da USP, mediante permissão do professor responsável, o aluno de mestrado e/ou seu orientador comunicavam os alunos sobre a existência do Plantão de Dúvidas *on line*. Além disso, cartazes (Figura 1) foram fixados nos corredores do Instituto de Química da USP. A divulgação em outras instituições foi feita mediante fixação dos cartazes e/ou divulgação do Plantão realizada pelo professor responsável pela disciplina naquela instituição.

Na primeira etapa do projeto, 1º semestres de 2006, o serviço esteve disponível apenas para os alunos do Departamento de Bioquímica do Instituto de Química da USP - São Paulo. A partir de agosto de 2006, além dos alunos dos cursos de Ciências Moleculares, Biologia, Farmácia e Nutrição da USP –

São Paulo, o atendimento foi ampliado e o serviço disponibilizado para três outras universidades: USP – Ribeirão Preto, Unicamp e Universidade Federal de Alfenas (Unifal). Desta forma, ampliamos o universo do serviço, pretendendo gerar dados que apontem, com maior grau de confiança, respostas ou soluções que possam auxiliar os professores que ministram bioquímica em cursos de graduação a promover um melhor aproveitamento da disciplina pelos seus alunos.

Em fevereiro de 2007, ampliamos ainda mais a área de abrangência do plantão de dúvidas através da disponibilização do serviço para algumas unidades de universidades particulares como a Universidade Paulista (UNIP) e a Universidade Bandeirante de São Paulo (Uniban).



**Plantão de Dúvidas**

Laboratório de Ensino de Bioquímica

Você tem

**DÚVIDAS em  
BIOQUÍMICA?**

Acesse

[www.iq.usp.br/wwwdocentes/bayardo/plantaodeduvidas](http://www.iq.usp.br/wwwdocentes/bayardo/plantaodeduvidas)

e envie sua pergunta.

Ela será respondida em, no máximo, 48 horas!!!

Público Alvo:  
Alunos de GRADUAÇÃO  
matriculados nas  
disciplinas de BIOQUÍMICA

Figura 1: Cartaz de divulgação do plantão de Dúvidas *on line*.

### 3.3- Sobre o recebimento das dúvidas.

Após autorização do Departamento de Bioquímica, o projeto foi implantado em fevereiro de 2006 e esteve disponível para atender aos alunos dos cursos de Química, Medicina Veterinária, Medicina, Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Educação Física, Esporte, Enfermagem e Odontologia que estavam acontecendo no 1º semestre daquele ano.

A implantação desse serviço teve como objetivo coletar informações a respeito das dificuldades enfrentadas pelos alunos durante a disciplina de bioquímica. Para isso, foi instalado um serviço de atendimento via internet que funcionou como um plantão de dúvidas com a finalidade de oferecer ao aluno uma alternativa para solucionar as dificuldades que aparecem quando estuda.

Para tanto, foi organizado um serviço do tipo “Plantão de Dúvidas” eletrônico, ao qual tiveram acesso todos os estudantes do Departamento de Bioquímica. A comunicação ocorreu mediante o preenchimento de um formulário estruturado, disponível em uma página *web* HTML (<http://www.iq.usp.br/wwwdocentes/bayardo/plantaodeduvidas>) (Figura 2). Na página do plantão, ao responder o formulário, o aluno deveria se identificar (com a garantia de manutenção do sigilo, ou seja, os dados do aluno só serão utilizados para a pesquisa e o nome dele não será divulgado) e redigir sua dúvida. Além disso, existem outros campos para preenchimento (universidade, curso, período, onde fez ensino médio e se fez cursinho pré-vestibular).

O projeto se comprometeu a fornecer a resposta à dúvida do estudante no prazo máximo de 48 horas. No entanto, a dúvida não era respondida de forma simples e direta, mas houve uma preocupação em orientar o aluno na resolução de sua dúvida, conforme mostra o exemplo a seguir.

A dúvida recebida foi:

*“O metanol, por ação da álcool desidrogenase, é convertido a formaldeído, extremamente tóxico. A intoxicação por metanol pode ser tratada por ingestão de doses elevadas de etanol. Como se justifica esta terapia?”*

A resposta enviada foi:

*“O uso do etanol é justificado pelo fato dele ser substrato da mesma enzima que degrada a metanol. Haverá competição entre os dois substratos*

(etanol e metanol) pelo centro ativo da enzima. Como a concentração de etanol estará muito alta, ele vencerá a competição pelo centro ativo da enzima e, com isso, haverá uma redução na degradação do metanol para formação de formaldeído.

É importante ficar claro que o etanol não é um inibidor competitivo. O etanol é apenas um competidor. Lembre-se que uma das propriedades do inibidor competitivo é se ligar à enzima sem gerar produto e o etanol, quando se liga à enzima, gera produto: um acetaldeído.”

As respostas procuravam direcionar a atenção dos estudantes para os pontos aos quais eles deveriam estar atentos, explicando os conceitos e/ou relações necessários para o entendimento da resposta e do assunto envolvido na questão. Eventualmente, enviávamos alguma sugestão de leitura para aprofundamento do tema. Ou seja, o Plantão de Dúvidas não se limitou a dar meras soluções para os problemas ou exercícios propostos. Desta forma, procurou-se tornar o plantão um verdadeiro instrumento auxiliar do ensino/aprendizagem.

## ???

A sua pergunta será respondida em, no máximo, 48 horas!

!!! ATENÇÃO !!!

A identidade dos usuários deste plantão será mantida em sigilo.

Nome	<input type="text"/>
Universidade onde você estuda:	<input type="text"/>
Curso de graduação	<input type="text" value="Biologia"/>
Qual semestre você está cursando?	<input type="radio"/> 1º <input type="radio"/> 2º <input type="radio"/> 3º <input type="radio"/> 4º <input type="radio"/> 5º <input type="radio"/> 6º <input type="radio"/> 7º <input type="radio"/> 8º <input type="radio"/> 9º <input type="radio"/> 10º <input type="radio"/> 11º <input type="radio"/> 12º
Período	<input type="radio"/> Diurno <input type="radio"/> Noturno
Onde você fez o ensino médio?	<input type="radio"/> Todo em escola pública <input type="radio"/> Todo em escola particular <input type="radio"/> Parte em escola pública e parte em escola particular
Fez cursinho pré-vestibular?	<input type="radio"/> sim <input type="radio"/> não
Minha dúvida é:	<input type="text"/>
e-mail para receber a resposta	<input type="text"/>

Figura 2: Página webHTML do plantão de dúvidas.

### 3.4- Sobre a organização das dúvidas.

As questões depositadas e suas respostas foram armazenadas em um banco de dados e categorizadas por assunto da seguinte maneira:

Conceitos Básicos:

- Aminoácidos
- Ponto Isoelétrico
- Sentido das Reações
- Tampão
- Conceitos Variados

Enzimas:

- Cinética Enzimática
- Inibidores Enzimáticos

Estrutura:

- Carboidratos
- Lipídios
- Proteínas

Hemoglobina:

- Efeito Bohr
- Estrutura
- Transporte

Metabolismo:

- Aminoácidos
- Carboidratos:
  - Amido, Sacarose, Frutose e Lactose
  - Glicogênio
  - Via das Pentoses
- Fotossíntese
- Gliconeogênese
- Lipídios
- Respiração Celular:
  - Glicólise e Acetil-CoA
  - Ciclo de Krebs
  - Cadeia Transportadora e Fosforilação Oxidativa

Fermentação  
Integração do Metabolismo  
Regulação do Metabolismo:  
Alosterias  
cAMP  
Hormônios  
Membranas  
Vitaminas  
Outros

### 3.5- Sobre a avaliação do Plantão de Dúvidas *on-line*.

Ao final de cada um dos três semestres, foi enviada, via e-mail, uma mensagem aos alunos que utilizaram o serviço do plantão de dúvidas ao longo do semestre, pedindo a eles que respondessem um questionário para avaliação do serviço prestado. Para isso, foi criada uma nova página *web* HTML (<http://www.iq.usp.br/wwwdocentes/bayardo/plantaodeduvidas/questionario>) (Figura 3) à qual o aluno deveria acessar, preencher o formulário e nos enviar uma avaliação do nosso atendimento.

---

LABORATÓRIO DE ENSINO DE BIOQUÍMICA OBRIGADO POR RESPONDER AO NOSSO QUESTIONÁRIO!

SUAS RESPOSTAS SÃO MUITO IMPORTANTES PARA A MELHORIA DO NOSSO ATENDIMENTO!

**As respostas recebidas pelo Plantão**

Não resolveram minhas dúvidas.  
 Resolveram parcialmente minhas dúvidas.  
 Resolveram totalmente minhas dúvidas.

**A qualidade do atendimento foi:**

Péssima  Ruim  Regular  Boa  Ótima

**A resposta dada em até 48h:**

Não atendeu às minhas necessidades.  
 Atendeu parcialmente às minhas necessidades.  
 Atendeu totalmente às minhas necessidades.  
 Não.

**Você teve alguma dificuldade para acessar o Plantão?**

Sim. Pois não conseguia acessar a página do Plantão.  
 Sim. Pois não tenho fácil acesso a internet.

**Você não utilizou mais vezes o Plantão porque:**

Não precisou.  
 Teve preguiça.  
 A resposta era demorada.  
 Tinha dificuldade de acesso.  
 Não gostou do serviço.  
 Outras razões.

Este espaço é destinado a SUGESTÕES, CRÍTICAS e COMENTÁRIOS que possam melhorar a qualidade do nosso atendimento.

Figura 3: Página *web*HTML com o formulário de avaliação do plantão.

## 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1- Sobre a freqüência dos acessos.

No 1º semestre de 2006, tivemos um total de 102 acessos ao Plantão de dúvidas. No 2º semestre de 2006, tivemos um total de 84 acessos ao Plantão de dúvidas. Já No 1º semestre de 2007, tivemos um total de 103 acessos ao Plantão de Dúvidas. A freqüência desses acessos estão representadas nas figuras 4, 5 e 6. O período analisado se refere ao intervalo de tempo compreendido entre a semana de recebimento da primeira e da última dúvida pelo plantão.

Número de acessos por semana - 1º semestre/2006

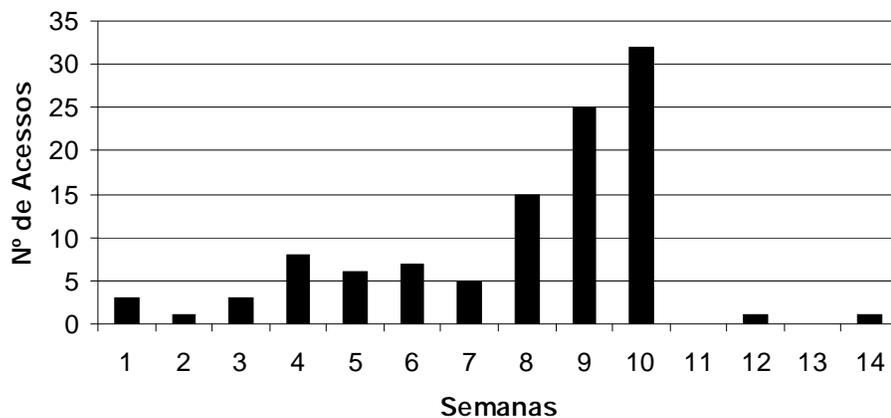


Figura 4: Freqüência de acessos no 1º semestre de 2006. A tabela mostra o número de acessos por semana no período compreendido entre 19 de março e 24 de junho de 2006.

### Número de acessos por semana - 2º Semestre/2006

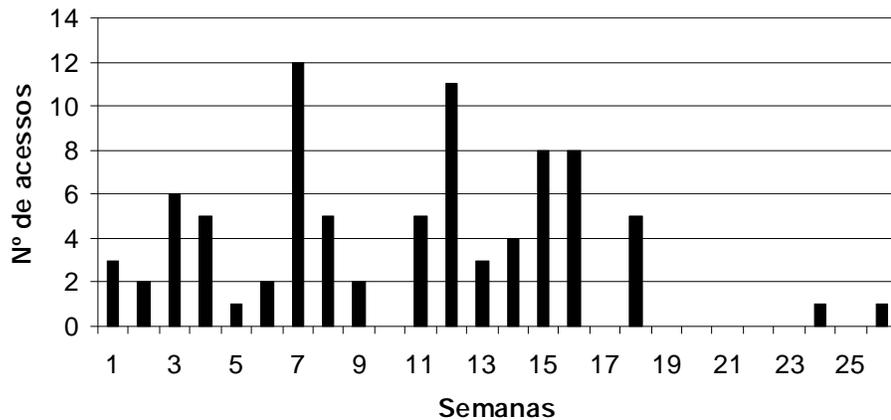


Figura 5: Frequência de acessos no 2º semestre de 2006. A tabela mostra o número de acessos por semana no período compreendido entre 02 de agosto de 2006 e 27 de janeiro de 2007.

### Número de acessos por semana - 1º Semestre/2007

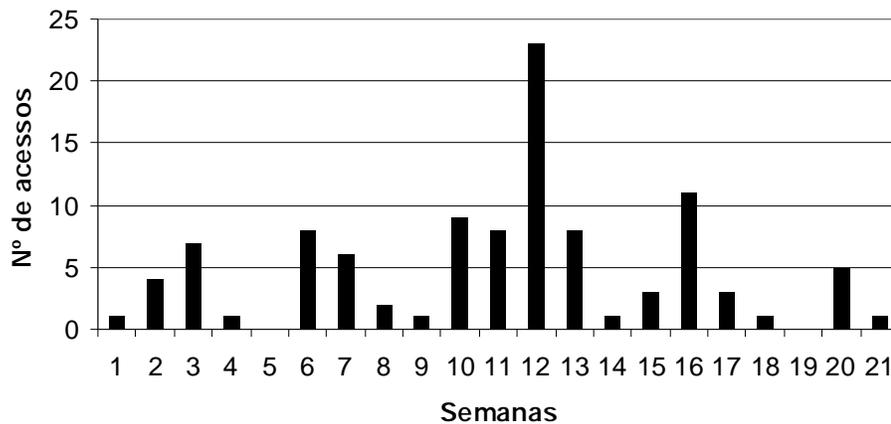


Figura 6: Frequência de acessos no 1º semestre de 2007. A tabela mostra o número de acessos por semana no período compreendido entre 04 de março e 28 de julho de 2007.

Fica bastante evidente o crescimento do número de acessos ao longo do primeiro semestre de 2006, fato que pode estar relacionado a três fatores. Primeiramente, ao fato dos alunos que inicialmente usufruíram do serviço prestado pelo plantão terem gostado e recomendado para os colegas, o que nos leva ao segundo fator; um número cada vez maior de estudantes foi tomando conhecimento da existência do plantão. E, por último, podemos

relacionar o crescimento do número de acessos nas últimas semanas com a proximidade das provas finais.

Ao se analisar as tabelas referentes ao segundo semestre de 2006 e ao primeiro semestre de 2007, percebe-se que os acessos estão, de maneira geral, bem distribuídos ao longo dos semestres. Os picos observados na 7ª e na 12ª semanas do segundo semestre de 2006 e na 12ª semana do primeiro semestre de 2007 estão, provavelmente, relacionados a períodos de proximidade de provas. Mas o mais importante, é que houve uma constância de acessos ao longo dos dois últimos semestres, o que nos mostra que o Plantão de Dúvidas atendeu, preferencialmente, alunos com hábito de estudar frequentemente e não os alunos que só estudam na véspera da prova. É possível que o prazo de 48 horas para o envio da resposta tenha desestimulado esses alunos que, na véspera da prova, têm urgência em receber a resposta para suas dúvidas. Mas, por outro lado, receber dúvidas de alunos com hábito de estudo e, portanto, mais dedicados à disciplina, nos permite acreditar na confiabilidade dos dados obtidos, pois se alunos estudiosos têm essas dúvidas, é provável que os menos estudiosos também as tenham.

É importante ressaltar que, mesmo sem fazermos a divulgação do Plantão de Dúvidas a partir do 2º semestre de 2007, continuamos a receber dúvidas nesse período e em 2008. Além de USP, Unicamp e Unip, essas dúvidas também foram recebidas de alunos de universidades onde o Plantão de Dúvidas nem sequer foi divulgado. Esse dado nos mostra que os alunos realmente procuram por esse tipo de atendimento, onde a distancia já não é mais o fator determinante, provando, mais uma vez, que a internet pode ser uma ferramenta importante no processo ensino-aprendizagem. A demanda existe, cabe às escolas e universidades se adaptarem a esse novo modelo de interação professor-aluno.

#### **4.2- Sobre as dúvidas mais freqüentes.**

É importante ressaltar que, além das dúvidas recebidas nos três semestres nos quais o plantão de dúvidas foi sistematicamente divulgado, continuamos a receber, esporadicamente, dúvidas de alunos em 2007 e 2008.

Nesse período foram recebidas e respondidas um total de 416 dúvidas relacionadas à bioquímica conforme mostra a figura 7.

Bioquímica		1º sem. 2006	2º sem. 2006	1º sem. 2007	Outros	Total	
Conceitos Básicos	Aminoácidos	4	4	2	5	15	
	Ponto Isoelétrico	2	4	2	3	11	
	Sentido das Reações	0	0	0	0	0	
	Tampão	1	6	2	5	14	
	Conceitos Variados	4	2	10	3	19	
Enzimas	Cinética Enzimática	2	11	0	7	20	
	Inibidores Enzimáticos	2	2	4	1	9	
Estrutura	Carboidratos	0	2	1	0	3	
	Lipídios	6	0	1	0	7	
	Proteínas	10	10	6	10	36	
Purificação de Proteínas		1	2	3	0	6	
Hemoglobina	Efeito Bohr	0	1	0	0	1	
	Estrutura	5	0	0	0	5	
	Transporte	1	0	4	2	7	
Metabolismo	Aminoácidos	6	5	3	1	15	
	Carboidratos	Amido, Sacarose, Frutose e Lactose	1	0	0	0	1
		Glicogênio	2	3	4	1	10
		Via das Pentoses	3	2	0	0	5
	Fotossíntese		0	4	0	0	4
	Gliconeogênese		11	0	1	2	14
	Lipídios	Ácidos Graxos	14	7	10	0	31
		Colesterol	4	0	0	0	4
		Corpos Cetônicos	4	1	1	0	6
		Etanol	4	1	0	3	8
	Respiração Celular	Glicólise e Acetil-CoA	10	7	11	1	29
		Ciclo de Krebs	5	1	0	1	7
		CTEFO*	5	5	15	2	22
	Fermentação		7	8	4	2	21
	Integração do Metabolismo		15	4	11	2	32
Regulação do Metabolismo	Alosterias	11	1	4	4	20	
	cAMP	1	1	1	0	3	
	Hormônios	1	0	3	0	4	
Membranas		0	1	0	0	1	
Vitaminas		2	0	0	0	2	
Outros		1	1	11	6	19	
TOTAL		145	96	114	61	416	

Figura 7: Tabela mostrando o número de dúvidas por assunto. \*CTEFO: Cadeia Transportadora de elétrons e Fosforilação Oxidativa.

Ao analisarmos a tabela, optamos, arbitrariamente, por discutir os assuntos que apresentaram um número total que fosse maior ou igual a dez dúvidas recebidas.

Em relação aos conceitos básicos sobre aminoácidos, o conceito bioquímico que demonstrou gera maior dificuldade é a classificação dos

aminoácidos como ácidos ou básicos, como podemos verificar no exemplo a seguir, que representa uma das dúvidas recebidas: (\*As dúvidas estão transcritas literalmente, ou seja, da forma que elas foram enviadas pelos alunos.e estão destacadas em itálico e negrito)

*"Por que os aminoácidos de grupos R carregados negativamente são ácidos? Se são carregados negativamente não deveriam ser básicos, já que podem "doar" elétrons?"*

Percebe-se, claramente, que o aluno não entendeu que a classificação dos aminoácidos, como ácido ou básico, é feita em pH 7 e ainda, que dependendo do pH no qual o aminoácido se encontra, o mesmo pode atuar como ácido ou como base. Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta: (\*As respostas estão transcritas literalmente, ou seja, da forma que elas foram enviadas aos alunos.e estão destacadas em itálico)

*"Segundo a definição de Brønsted, ácidos são substâncias capazes de doar prótons e bases, são substâncias capazes de receber prótons. É importante ressaltar que qualquer aminoácido pode, dependendo do pH do meio, atuar como ácido ou como base. Porém, devemos lembrar que a classificação dos aminoácidos é feita em pH neutro. Nesse pH, o aspartato e o glutamato doaram prótons e, por isso, atuaram como ácidos, enquanto lisina, arginina e histidina receberam prótons e, por isso, atuaram como bases."*

A dúvida a seguir evidencia a mesma dificuldade:

*"Estou estudando aminoácidos(aa), e estou tendo dificuldade em memorizar que os aa básicos são os que a ph 7 apresentam a cadeia lateral(r) com carga positiva, enquanto os aa ácidos são os que no mesmo ph, apresentam a cadeia r com carga negativa. não estou conseguindo descobrir a lógica disso. assim, uma forma que encontrei p/ entender melhor seria: os aa c/ cadeia lateral +, são chamados básicos, pq a ph7, tem comportamento semelhante as bases de bronsted, recebendo próton. e os aa ácidos, são assim denominados pq a ph 7, doam próton ao meio, ficando c/ a cadeia r negativa. estou certa?"*

Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*"Antes da sua resposta, vamos fazer uma análise inicial. O pK de um grupo ionizável (amino, carboxila ou radical) do  $\alpha$ -aminoácido corresponde ao valor de pH no qual esse grupo está 50% ionizado."*

*Os valores de pK dos grupos  $\alpha$ -carboxílicos situam-se em uma faixa limitada ao redor de 2,2, de forma que em pH 3,5 esses grupos encontram-se quase completamente em suas formas ionizadas. Os grupos  $\alpha$ -amino apresentam valores de pK próximos a 9,4 e estão, portanto, quase completamente em suas formas ionizadas abaixo de pH 8,0. Portanto, na faixa de pH fisiológico (7,4), tanto o grupo carboxila, quanto o grupo amino dos  $\alpha$ -aminoácidos encontram-se completamente ionizados. Um aminoácido pode então, atuar como ácido ou base.*

*A carga elétrica total de um aminoácido resulta da soma algébrica das cargas apresentadas pelos seus grupos ionizáveis (amino, carboxila ou radical) que, por sua vez, dependem dos valores de seus pK e do pH do meio. Assim, o grupo carboxila pode apresentar-se sem carga ou com carga negativa e o grupo amino, é neutro ou tem carga positiva.*

*Observe que os aminoácidos básicos tem maior número de grupamentos amino que carboxila enquanto os aminoácidos ácidos, possuem maior número de grupamentos carboxílicos em relação aos grupos amino.*

*Logo, seu raciocínio está correto."*

Um outro conceito bioquímico que demonstrou gerar dificuldade entre os estudantes foi o cálculo do ponto isoelétrico, como podemos verificar nos exemplos a seguir, que representam duas das dúvidas recebidas:

*"Meu conceito de pI não está muito bem fundamentado; estou fazendo o cálculo mecanicamente. Gostaria de entender porque o pI é a média aritmética dos pKs."*

e

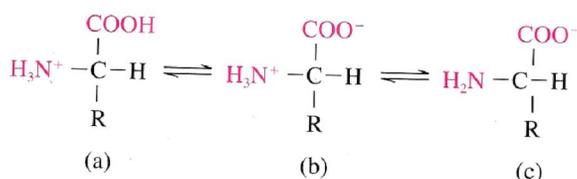
*"Gostaria de saber como faço para achar o pI de um peptídeo com 3 pKAs diferentes. Com 2 Pkas é só somar e tirar a média mas e com 3???"*

Essas dúvidas nos mostram claramente que os alunos conseguem fazer uso da fórmula, mas eles não sabem o significado do cálculo que estão realizando. Isso também evidencia que acertar uma questão na prova, nem sempre significa aprendizado do conteúdo. A deficiência do aluno pode, muitas vezes, ficar mascarada por uma questão que exija meramente a aplicação de

fórmulas ou a repetição da resolução de exercícios. Para auxiliar os alunos, foram enviadas, respectivamente, as seguintes respostas:

*“Antes de mais nada, gostaria de parabenizá-lo pela atitude de buscar o entendimento do assunto e não simplesmente se limitar a fornecer uma resposta certa em um exercício/prova.*

*Como os aminoácidos têm pelo menos dois grupos ionizáveis, que podem existir na forma protonada (-COOH, -NH<sub>3</sub><sup>+</sup>) ou desprotonada (-COO<sup>-</sup>, -NH<sub>2</sub>), dependendo do pH do meio em que se encontram, em soluções muito ácidas, os dois grupos apresentam-se protonados (a); em pH muito alcalino, ambos apresentam-se desprotonados (c); e, em soluções próximas da neutralidade, o aminoácido apresenta-se como um íon dipolar (b). Veja figura a seguir.*



*Somente a forma b é neutra.*

*Para encontrar o pH designado como pI deve-se encontrar o pH em que as moléculas do aminoácido encontram-se na forma b. O grupo COOH é um ácido mais forte do que o grupo NH<sub>3</sub><sup>+</sup>. Em valores de pH baixos (2 - 4), o grupo COOH desprotona e converte-se a COO<sup>-</sup>. O pH em que 50% do grupo está desprotonado é o pKa do grupo. Em valores de pH maiores do que o pKa, cada vez mais predomina a forma desprotonada. Portanto, examinando somente este grupo, quanto maior o pH maior quantidade de grupos COO<sup>-</sup> será encontrada.*

*Por outro lado, o grupo NH<sub>3</sub><sup>+</sup> também desprotona, mas em valores de pH muito mais alto (~9). Por isso, se o pH for muito alto, vai ser predominante a forma c.*

*Como se pretende obter a máxima desprotonação do grupo COOH e, ao mesmo tempo, a mínima desprotonação do grupo NH<sub>3</sub><sup>+</sup>, deve-se encontrar um valor de pH que seja o mais distante possível dos dois valores de pKa. Este valor tem que ser, obrigatoriamente, o ponto médio dos dois valores de pKa. Ou seja, para se calcular o ponto isoelétrico calcula-se o valor de pKa1 (que representa o pH onde predomina o aminoácido na forma protonada) acrescido*

*do valor de pKa2 (que representa o pH onde predomina o aminoácido na forma desprotonada) e divide por 2, resultando em um valor que reflete o pH no qual predomina a forma eletricamente neutra do aminoácido (ponto isoelétrico)."*

e

*"Lembre-se que o ponto isoelétrico (pI) é o valor de pH onde predomina a forma eletricamente neutra do aminoácido, de um pequeno peptídeo ou de uma proteína. Se você tivesse apenas o grupo amino e o carboxila, o pI seria determinado pela média aritmética da soma desses dois valores. No caso de aminoácidos com uma cadeia lateral que apresenta carga, você deve considerar os pKas dos grupos que possuem a mesma carga para determinar o pI. Vamos tomar como exemplo a lisina. Nesse caso, você deve somar o pKa do grupo R da lisina (10,54) com o pKa do aminoterminal da alanina (9,78) e dividir por dois. Isso porque, a forma com carga líquida igual a zero será obtida quando um dos grupos amino estiver desprotonado (sem carga) e o outro estiver protonado (com carga positiva) neste valor de pH, a carga positiva será compensada pela carga negativa do grupocarboxila desprotonado. O pH em que esta forma será predominante equidista dos valores de pKa das duas carboxilas."*

Em relação às soluções tampão, o conceito bioquímico que demonstrou gerar maior dificuldade foi a utilização da equação de Henderson-Hasselbalch, como podemos verificar no exemplo a seguir, que representa uma das dúvidas recebidas:

***"Tenho uma solução de 1 L com tampão 0,22M com pKa 4,8. Já houve nessa solução uma reação na qual obtive 0,01M de H<sup>+</sup>. Qual será o pH?"***

Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*"Como os dados que você mandou não estão muito claros, estou enviando uma resolução considerando os seguintes dados:*

- 1L de solução 0,22M com pKa 4,8*
- pH inicial = 4,8, ou seja, pH inicial = pKa.*
- Na reação foram produzidos 0,01 mols de H<sup>+</sup>*

*Para calcular o pH, podemos utilizar a seguinte equação (Henderson-Hasselbalch):*

$$pH = pKa + \log [base\ conjugada]/[ácido]$$

*Como pKa é o valor de pH no qual o ácido se encontra 50% dissociado, teremos a seguinte situação inicial:*

$$pH = pKa + \log 0,11/0,11$$

*após a reação que produziu 0,01 mols de H+ teremos:*

$$pH = pKa + \log (0,11 - 0,01)/(0,11 + 0,01)$$

$$pH = pKa + \log 0,1 / 0,12$$

$$pH = 4,8 + (\log 0,1 - \log 0,12)$$

$$pH = 4,8 + (-1 - (-0,9))$$

$$pH = 4,8 + (-0,1)$$

$$pH = 4,7$$

Mostrando o mesmo tipo de dificuldade também recebemos a dúvida a seguir:

*“Se eu quero fazer 1L de solução tampão de Ac.Acético 0,1M, devo colocar 0,1mol de HAc (por exemplo 100ml de Ac. Acético 1M), e 0,1mol de acetato (por exemplo 100mL de NaAc 1M), e diluir até 1L????; OU, devo adicionar 0,05mol de HAc e 0,05mol de Acetato e diluir até 1L??*

Trabalhar com soluções tampão, exige uma série de pré-requisitos como a definição da concentração de soluções, a realização de diluições, os conceitos de pH e pKa, por exemplo. E esses pré-requisitos podem estar na origem da maioria dos problemas sobre tampão como ficou evidenciado na dúvida citada anteriormente. Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*“Um ponto importante é ficar bem claro que a concentração final da solução tampão deve ser obtida da SOMA da concentração do ácido com a sua base conjugada. O pH da solução é importante para podermos definir qual a relação que existe entre essas duas espécies. Por exemplo: lembre-se que um ácido fraco tem uma ação mais eficiente como tampão em uma solução cujo pH é igual ao pKa do ácido. Nessa situação, teríamos o seguinte equilíbrio:*



*Perceba que, no pH = pKa, a [HA] = [A-].*

*Ou seja, em uma solução tampão 0,1M de ac. acético (em pH = pKa = 4,7) teremos 0,05M de HA e 0,05M de A-.*

*Agora, se o pH fosse 5,7 teríamos na solução 10 vezes mais A- que HA. Isso significa que para fazer sua solução você deve adicionar 0,05mol de HAc*

e 0,05mol de acetato e diluir até 1L.

*Você também poderia fazer essa solução tampão preparando duas soluções de 500 ml. Uma 0,1M de Hac e a outra 0,1M de NaAc. Ao juntar as duas soluções, você teria 1L. Como você está dobrando o volume, as concentrações seriam divididas pela metade e você teria uma solução tampão de Ac. acético 0,1M.*

*Uma outra maneira de preparar esse tampão, é adicionar 0,1 mol de ácido acético, diluir para quase 1L, acertar o pH da solução e, por último, acertar o volume final de 1L.”*

Em relação às enzimas o conceito bioquímico que demonstrou gera maior dificuldade foi em relação à cinética enzimática, como podemos verificar nos exemplos a seguir, que representam duas das dúvidas recebidas:

*“Faça o gráfico da velocidade de uma reação enzimática em função do pH para uma enzima estável entre pHs 3 e 12, considerando que o substrato não possui grupos ionizáveis e a atividade enzimática exige no centro ativo uma carboxila ( $pK_a = 5$ ) desprotonado e um grupo amino ( $pK_a = 9$ ) protonado.”*

e

*“As enzimas A, B, C e D têm as seguintes características: A tem grande afinidade pelo substrato e alta velocidade de catálise, B tem pequena afinidade pelo substrato e baixa velocidade de catálise, C tem grande afinidade pelo substrato e baixa velocidade de catálise e D tem pequena afinidade pelo substrato e alta velocidade de catálise. Supondo que o valores das constantes de velocidade  $K_1$ ,  $K_2$  e  $K_3$  para a enzima A sejam, respectivamente, 1000, 100 e 1, estabelecer valores comparativos para as constantes de velocidades das enzimas B, C e D que expliquem as suas características.”*

Estas dúvidas evidenciam a dificuldade dos alunos em relação aos conceitos básicos pois, mesmo quando sabem definir o conceito de  $pK_a$ ,  $K_m$ ,  $K_s$ ,  $K_{cat}$ , os alunos têm problemas no momento de aplicar e relacionar esses conceitos. Para auxiliar os alunos, foram enviadas, respectivamente, as seguintes respostas:

*“Para entender essa questão, vamos analisá-la por partes. Primeiro, vamos considerar apenas a parte do centro ativo com a carboxila de  $pK_a = 5$ . Se a enzima tivesse apenas esse centro ativo, como ela atuaria? Em  $pH = 5$  teríamos  $pH = pK_a$ , o que significa dizer que 50% dos grupos carboxila estariam protonados e 50% estariam desprotonados. Nessa situação, teríamos metade das enzimas em atividade, o que significa dizer que teríamos metade da maior velocidade possível. Em  $pH$  bem abaixo de 5, teríamos a maioria dos grupos carboxila protonados, o que faria com que a atividade da enzima fosse quase nula. Já em  $pH$  bem acima de 5, a maioria dos grupos carboxila estariam desprotonados, o que faria com que a atividade da enzima fosse máxima. Segundo, vamos considerar apenas a parte do centro ativo com o amino de  $pK_a = 9$ . Se a enzima tivesse apenas esse centro ativo, como ela atuaria? Em  $pH = 9$  teríamos  $pH = pK_a$ , o que significa dizer que 50% dos grupos amino estariam protonados e 50% estariam desprotonados. Nessa situação, teríamos metade das enzimas em atividade, o que significa dizer que teríamos metade da velocidade possível. Em  $pH$  bem abaixo de 9, teríamos a maioria dos grupos amino protonados, o que faria com que a atividade da enzima fosse máxima. Já em  $pH$  bem acima de 9, a maioria dos grupos amino estariam desprotonados, o que faria com que a atividade da enzima fosse quase nula. Como a enzima em questão precisa satisfazer simultaneamente as duas condições, se somássemos as duas curvas, teríamos um gráfico com uma curva em forma de sino.”*

e

*“Para compreender o preenchimento da tabela abaixo, primeiro vamos analisar alguns detalhes:*

*A afinidade pelo substrato é representado pelo  $K_m$  da enzima. O  $K_m$  é valor da concentração de substrato na qual a velocidade da reação equivale à metade do valor da velocidade máxima. Ou seja, quanto menor seu valor, maior a afinidade da enzima pelo substrato. Então, quando temos, por exemplo, na enzima a GRANDE afinidade pelo substrato, podemos dizer que seu  $K_m$  é baixo.*

*Existe uma constante de dissociação ( $K_s$ ) que pode ser obtida pela razão  $K_2/K_1$  e que tem relação com o  $K_m$  da enzima. Quando o  $K_m$  é baixo,  $K_s$  também é.*

*Como A possui alta afinidade pelo substrato, possui baixo Km e, conseqüentemente, baixo Ks (0,1). Com isso, valor de C tem de ser igual ao de A e os valores de B e D têm de ser maiores que 0,1, pois a afinidade pelo substrato é pequena (Km e Ks maiores que A e C). Por exemplo, K1 = 1000 e K2 = 200 ou K1 = 500 e K2 = 100.*

*K3 representa o Kcat da enzima, ou seja, sua velocidade em gerar produto. Como A possui alta velocidade de catálise K3 = 1, o valo de D tem de ser maior ou igual a 1 e os valores de B e C têm de ser menores que 1, já que eles possuem baixa velocidade de catálise.*

*Preenchendo a tabela:*

<i>Enzimas</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>Afinidade pelo substrato</i>	<i>Grande</i>	<i>Pequena</i>	<i>Grande</i>	<i>Pequena</i>
<i>Velocidade de catálise</i>	<i>Alta</i>	<i>Baixa</i>	<i>Baixa</i>	<i>Alta</i>
<i>K1</i>	<i>1000</i>	<i>1000 ou 500</i>	<i>1000</i>	<i>1000 ou 500</i>
<i>K2</i>	<i>100</i>	<i>200 ou 100</i>	<i>100</i>	<i>200 ou 100</i>
<i>K3</i>	<i>1</i>	<i>&lt; 1</i>	<i>&lt; 1</i>	<i>&gt; ou = 1</i>

”

Em relação à estrutura das proteínas, o conceito bioquímico que demonstrou gerar maior dificuldade é a absorbância, ou seja, os picos de absorção de luz obtidos por espectrofotometria, como podemos verificar no exemplo a seguir, que representa duas das dúvidas recebidas:

*“Seria possiel fazer um espectro de absorção para a albumina?*

*Em que faixa de comprimentos de onda esperaria encontrar picos de absorção? A que aminoácidos seriam devidos?”*

e

*“Tendo-se como base o espectro de absorção da albumina, eu gostaria de saber em qual comprimento de onda se esperaria encontrar picos de absorção e por qual motivo.”*

Acredito que essas dúvidas estejam relacionadas, principalmente, a falta da prática laboratorial por parte do aluno, já que a medida de absorbância é usualmente utilizada nos laboratórios para determinação da concentração de proteínas em uma amostra. Para auxiliar os alunos foi enviada a seguinte resposta:

*“A concentração de proteína em solução pode ser determinada pela medida da absorbância a 280 ou a 205 nm. No entanto, a determinação da absorbância a*

*280 nm é mais comum e é baseada na absorbância de luz UV por aminoácidos com grupos aromáticos na solução de proteínas (principalmente devido a triptofano e tirosina, e em parte a fenilalanina). A medida da concentração a 205 nm produz valores mais precisos e é baseada na absorção de luz UV pela ligação peptídica. Nos dois casos, a medida pode ser feita por comparação à absorvidade (concentração) já conhecida de uma proteína padrão, para a qual se constrói uma curva de calibração com concentrações determinadas da solução de proteína padrão. Os valores obtidos com a construção da curva são usados como comparativo para determinar a concentração da proteína de interesse."*

No caso do metabolismo de aminoácidos, o conceito bioquímico que demonstrou gerar mais dificuldade é a integração do metabolismo dos aminoácidos com o metabolismo de carboidratos e de lipídios, como podemos verificar no exemplo a seguir, que representa uma das dúvidas recebidas:

*"A excreção de uréia diminui após administração de glicose devido a alguma relação com a gliconeogênese? Por exemplo, no jejum ocorre maior excreção de uréia porque ela é produto da gliconeogênese, aí quando ocorre ingestão e absorção de glicose, diminui a excreção porque a uréia não é mais formada como no jejum?"*

Nesta questão, é possível perceber a insegurança do aluno em estabelecer a participação dos aminoácidos na via gliconeogênica. Além disso, parece estar implícita nessa questão uma tendência que os alunos têm de achar que os compostos orgânicos são oxidados em uma ordem estabelecida, ou seja, que o organismo utiliza primeiro a glicose, depois os lipídios e, por último, as proteínas como fonte de energia. Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*"Você está correto em suas análises. De fato, a excreção de uréia é diminuída após ingestão de glicose, devido à redução na velocidade da gliconeogênese. Agora, é importante ficar bem claro que, mesmo após a ingestão de glicose, continuará a haver produção e excreção de uréia. Isso ocorre porque, mesmo em condições de alta disponibilidade de glicose, as proteínas são utilizadas como fonte de energia. Então, CUIDADO, a idéia de que proteína só é fonte de energia quando não há disponibilidade de glicose é INCORRETA."*

Esta outra dúvida recebida mostra, claramente, a dificuldade de integração do metabolismo dos aminoácidos em relação ao metabolismo dos lipídios:

*“Aminoácidos glicogênicos podem ser transformados em triacilglicerídeos? Por quê? Como é uma situação metabólica onde esta transformação acontece e como é sua regulação metabólica?”*

Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*“Sim, os aa glicogênicos podem ser transformados em triacilglicerídeos. Isso porque, por vias diferentes, vários aa podem originar acetil-CoA.*

*A síntese de ácidos graxos (e, conseqüentemente de triacilgliceróis) pelo fígado e adipócitos tem como ponto principal de regulação a formação de malonil-CoA a partir de acetil-CoA, catalisada pela enzima acetil-CoA carboxilase. Quando a relação ATP/ADP é alta significa que há pouco ADP e muito ATP (inibidor negativo da Isocitrato desidrogenase - enzima do ciclo de Krebs). Com a inibição da isocitrato desidrogenase, o equilíbrio se desloca no sentido de formação do citrato. O citrato acumulado na mitocôndria flui para o citossol onde atua como um inibidor da fosfofrutoquinase 1, ajustando a velocidade da glicólise ao ciclo de Krebs, e também atua como estimulador da acetil-CoA carboxilase. Além disso, é o citrato citossólico o precursor da formação de acetil-CoA citossólica, que será utilizada na síntese de ácidos graxos.”*

Em relação ao glicogênio, os alunos demonstraram maior dificuldade na análise de casos clínicos relacionados à identificação de distúrbios no metabolismo do glicogênio, como podemos verificar no exemplo a seguir, que representa uma das dúvidas recebidas:

*“Caso clínico:*

*paciente se queixa de cãibras ao realizar exercícios físicos intensos. tem níveis glicêmicos normais, no entanto mantém níveis baixos de lactato sanguíneo mesmo realizando exercícios anaeróbios.*

*- É uma patologia envolvendo a glicólise ou uma patologia do metabolismo do glicogênio?*

*- Como se justifica o diagnóstico?*

Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*“Provavelmente, esse paciente apresenta uma deficiência da fosforilase muscular conhecida como DOENÇA DE McARDLE. As câimbras musculares dolorosas durante esforço, em geral aparecem na idade adulta e podem ser prevenidas evitando exercícios vigorosos. Essa condição afeta o metabolismo do glicogênio no músculo, mas NÃO no fígado, que contém quantidades normais de uma forma isoenzimática da fosforilase diferente. Ou seja, o indivíduo não consegue degradar o glicogênio muscular. Já que a degradação do glicogênio hepático não é afetado, isso justificaria o nível glicêmico normal. Com relação ao lactato, embora seja crença corrente que ele é o responsável pela fadiga muscular, câibra e sensação de dor após exercícios extremos, isto NÃO é verdade. O lactato gerado na glicólise anaeróbia durante o exercício intenso é drenado dos músculos para a corrente sanguínea, sendo absorvido pelo fígado; a concentração plasmática de lactato volta ao nível basal muito antes que se instale a dor característica na musculatura exercitada em demasia. Acredita-se que a alteração da atividade muscular seja devida à liberação de H<sup>+</sup>, que acompanha a produção de lactato. Após uma corrida de 100m, o pH arterial cai de 7,4 para 7,0. Após contração exaustiva, o pH de um músculo passa do valor de 7,4, no repouso, para 6,4. Além disso, se o músculo é perfundido com altas concentrações de lactato, mas o pH é mantido em 7,4, não ocorre fadiga. Diversas hipóteses têm sido aventadas para explicar os efeitos do aumento da concentração de prótons: inibição da fosfofrutoquinase 1, alteração da transferência de Ca<sup>2+</sup> entre o sarcoplasma e o retículo, inibição da atividade ATPásica da miosina ou transmissão inadequada do impulso nervoso através dos túbulos T.”*

Uma outra dúvida que evidencia o mesmo problema foi:

*“Minha segunda dúvida é relacionada a um exercício. É a suposição de duas patologias, a seguir:*

#### **CASO 1**

*Identificação: A. M. J., 4 anos, masculino, branco.*

*Histórico: A mãe procurou o pediatra por achar que seu filho apresentava uma barriga muito saliente e estava menor que os demais meninos de sua idade.*

*Exame físico: estado geral regular, estatura menor que o padrão para a idade. Abdômen globoso, com fígado bastante aumentado de tamanho.*

*Exames laboratoriais: Glicemia de jejum: 60 mg/dL (Ref. 70 a 110 mg/dL)*

*Tratamento: Infusão nasogástrica noturna contínua de uma dieta rica em carboidratos.*

## **CASO 2**

*Identificação: J. L. N., 16 anos, masculino.*

*Queixa e Duração: Sente muitas câibras ao realizar exercícios mais intensos.*

*Histórico: O paciente relata que nunca teve o hábito de realizar exercícios físicos, mas recentemente resolveu começar a praticar treinamentos para corridas de 400 m. No entanto, toda vez que inicia essa atividade apresenta fortes câibras, que o obrigam a parar com os exercícios. Seu médico pediu a dosagem dos níveis plasmáticos de lactato e da enzima creatina quinase (CK) imediatamente, e em outros tempos após a realização de um exercício intenso. Esse teste fez com que o paciente fosse levado ao departamento médico, pois apresentava fortes dores musculares.*

*Exames laboratoriais:*

*Glicemia: 85mg/dL (Ref. 70 a 110 mg/dL)*

*Lactato plasmático: 1,8 mmol/L (Ref. Lactatemia dentro da normalidade)*

*CK no plasma: 1.150 U/L (Ref. 35 a 120 U/L)*

*Biópsia muscular: aumento da concentração de glicogênio estruturalmente normal.*

*Tratamento: Foi aconselhado a se abster totalmente de exercícios mais intensos e melhorou.*

*A pergunta era: Compare os dois casos clínicos, dizendo se possuem pontos em comum.*

*E a resposta foi: Ambos os casos apresentam uma deficiência na glicogenólise (degradação de glicogênio), com aumento anormal das reservas de glicogênio tanto no músculo (como observado pela biópsia), como no fígado (causando aumento do volume deste órgão)*

*No caso 1, devido à patologia, a glicemia não é mantida nos níveis normais, pois a função da glicogenólise neste órgão é manter o nível de glicose no sangue (muito importante para células que utilizam este açúcar*

*como fonte única em condições fisiológicas normais, por exemplo o cérebro e as hemácias).*

*No caso 2, o problema metabólico se manifesta pela fadiga muscular na realização de exercícios. O glicogênio não é degradado eficientemente, pouca glicose-6-fosfato pode ser degradada na via glicolítica, a produção de piruvato, que é reduzido a lactato, é pequena. O nível de lactato permanece baixo, mesmo em exercício anaeróbico, indicando que não está sendo gerada suficiente energia por oxidação anaeróbica para a manutenção da atividade física.*

*A minha pergunta é: porque o problema é relacionada ao pequeno nível de lactato se no diagnóstico diz que os níveis de lactato estão normais e que o que está fora do comum é a presença de CK no plasma. O que acarreta essa presença de CK???*

*Também gostaria de saber o porquê do garoto precisar de ingestão via nasogástrica de carboidratos, afinal, como isso irá ajudar a degradar o glicogênio no fígado?*

Essas dúvidas deixam bem claro que não basta o professor exigir do aluno a resolução de uma situação-problema. É necessário que o professor dê subsídios e orientação para que o aluno consiga encontrar o caminho para a solução do problema. Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*“Não sei se isso foi explicitado na aula, mas acredito que:*

*O caso 1, trata-se da doença de von Gierke, na qual o indivíduo tem acúmulo de glicogênio hepático (daí o aumento do fígado) e inabilidade de corrigir a glicemia de jejum (daí a necessidade da ingestão nasogástrica de carboidrato).*

*O caso 2, trata-se da doença de Mcardle, que é provocada pela falta da glicogênio fosforilase muscular.*

*Dê uma pesquisada sobre cada um desses distúrbios.*

*Livro: Bioquímica – Voet & Voet – 3ª ed. Pág 653-654*

Em relação à gliconeogênese, o conceito bioquímico que demonstrou gerar maior dificuldade é o seu mecanismo de regulação, como podemos verificar no exemplo a seguir, que representa uma das dúvidas recebidas:

*“A frutose 1,6 bifosfatase tem como modulador alostérico negativo o AMP. Este, em grande quantidade acaba inibindo esta enzima. assim,*

*acaba "travando" a neoglicogênese. mas, na neoglicogênese, a partir de 2 mols de fosfoenolpiruvato até 1 mol de frutose 1,6 bifosfato; há gasto de 2 moléculas de ATP. Dessa forma, em situações q há maior quantidade de AMP e necessidade de economia de ATP. A enzima alostérica da neoglicogênese não deveria se situar mais próxima do piruvato? O que permitiria, que a neoglicogênese gastasse menos ATP e surgisse menos AMP. Por exemplo, se a enzima alostérica estivesse próxima ao fosfoenolpiruvato, quem sabe as 2 moléculas de ATP citadas acima deixariam de ser gastas?"*

Nesta questão percebe-se que o aluno não compreendeu claramente os mecanismos de ajuste da regulação das vias glicolítica e gliconeogênica. Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*"Primeiro, é importante deixar bem claro alguns aspectos da regulação da glicólise e da gliconeogênese. A regulação das duas vias é feita de forma recíproca, isto é, quando uma está ativa, a outra está desacelerada. Uma vez que a glicólise e a gliconeogênese compartilham várias enzimas, a regulação diferencial só pode ser exercida nas etapas em que as vias diferem, incidindo sobre enzimas que pertencem a uma só das vias.*

*Com relação ao AMP, se você analisar a situação, verá que altos níveis de AMP são acompanhados de baixos níveis de ATP. Por isso, de certa forma, a célula precisa mais de produzir ATP que evitar seu consumo. Até mesmo porque, você verá que, a inibição da frutose 1,6-fosfatase irá contribuir para a manutenção de níveis elevados de AMP citossólico, mantendo a gliconeogênese inibida e ativando a glicólise. Com a ativação da glicólise, serão gerados substratos para a síntese de ATP na mitocôndria."*

Em relação ao metabolismo de lipídios, o conceito bioquímico que demonstrou gerar maior dificuldade é a integração do metabolismo de lipídios com o metabolismo de carboidratos, como podemos verificar nos exemplos a seguir, que representam dúvidas recebidas:

*"Em situações especiais, como jejum prolongado e diabetes, Corpos Cetônicos são produzidos porque há um Excesso de degradação de triacilgliceróis, Falta de intermediários do Ciclo de Krebs para oxidar todo o Acetil-CoA formado*

*Nota: O Ciclo de Krebs funciona pouco pois há falta de glicose se há excesso de degradação de triacilgliceróis, logo, tanto acetil coa q falta até intermediários no ciclo de krebs p/ oxidá-lo; por que o ciclo de krebs funciona pouco devido a falta de glicose? fora o fato q o q entra no ciclo de krebs é acetil coa e não glicose."*

e

*"Por que comer muito açúcar engorda? Gostaria de saber as etapas que ocorrem no metabolismo?"*

Nessas dúvidas e em outras já analisadas, a dificuldade em compreender o metabolismo de forma integrada evidencia a visão compartimentalizada do aluno sobre os processos metabólicos. Para auxiliar os alunos foram enviadas as seguintes respostas:

*"Lembre-se que, para o acetil-CoA "entrar" no ciclo de Krebs é necessário haver oxaloacetato disponível, pois o acetil-CoA se liga ao oxaloacetato para formar citrato.*

*Em condições normais, quando há um excesso de produção de acetil-CoA (glicólise intensa), o próprio acetil-CoA age como um estimulador alostérico da enzima piruvato carboxilase, que transforma piruvato em oxaloacetato, regulando, dessa maneira, a velocidade do ciclo à da glicólise.*

*Em situações especiais, como jejum prolongado e diabetes, há um excesso de degradação de triacilgliceróis, formando um excesso de acetil-CoA. Porém, como há falta de glicose, haverá menos piruvato disponível para a formação de oxaloacetato. Dessa maneira, a velocidade do ciclo de Krebs ficará diminuída."*

e

*"Inicialmente, a glicose ingerida pode ser metabolizada aerobicamente gerando grande quantidade de ATP. Se esse ATP não for consumido, ele se acumula na mitocôndria e irá desencadear uma série de alterações no metabolismo que levarão à síntese de ac. graxos. Isso porque quando a relação ATP/ADP é alta significa que há pouco ADP e muito ATP (inibidor negativo da Isocitrato desidrogenase - enzima do ciclo de Krebs). Com a inibição da isocitrato desidrogenase, o equilíbrio se desloca no sentido de formação do citrato.*

*O citrato acumulado na mitocôndria flui para o citossol onde atua como um inibidor da fosfofrutoquinase 1, ajustando a velocidade da glicólise ao ciclo de Krebs. Além disso, é o citrato cotossólico o precursor da formação de acetil-*

*CoA citossólica, que será utilizada na síntese de ácidos graxos. Dessa forma, a inibição da isocitrato desidrogenase assinala suprimento adequado de ATP e desvia o metabolismo da oxidação para o armazenamento.”*

Em relação à glicólise, um conceito bioquímico que demonstrou gerar maior dificuldade é a sua relação com a gliconeogênese e a regulação desses dois processos, como podemos verificar no exemplo sobre gliconeogênese dado anteriormente.

No caso da glicólise, analisaremos uma dúvida recebida que, mesmo não se tratando do assunto mais freqüente, merece nossa atenção. A dúvida foi:

*“Uma frutose é transformada em glicose para fornecer energia?”*

Essa dúvida é interessante porque nos mostra uma tendência que os alunos apresentam de acreditar apenas a glicose é utilizada como fonte de energia (Oliveira, G. A. *et al*, 2003) sendo que os outros compostos, para serem utilizados como fonte de energia devem, primeiro, serem convertidos em glicose (Menezes, S.L., 2008). Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*“Não. A frutose é convertida a diidroxiacetona e gliceraldeído 3-fosfato, que são intermediários da glicólise. Ou seja, a frutose é usada para fornecer energia, mas NÃO precisa ser convertida a glicose.”*

Ao analisarmos as dúvidas sobre a cadeia transportadora de elétrons e a fosforilação oxidativa percebemos, mais uma vez, o problema em relação à integração do metabolismo, como podemos verificar no exemplo a seguir, que representa uma das dúvidas recebidas:

*“pq apesar do O<sub>2</sub> não participar diretamente em nenhuma reação da B-oxidação, esta só acontece aerobicamente?”*

Essa dúvida vem reforçar a idéia que os alunos possuem uma visão compartimentalizada sobre os processos metabólicos. Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*“Porque na B-oxidação algumas reações provocam a redução das coenzimas NAD<sup>+</sup> e FAD produzindo coenzimas reduzidas (NADH e FADH<sub>2</sub>). Perceba que sem NAD<sup>+</sup> e FAD a beta-oxidação seria interrompida por falta de reagentes.*

*Na medida em que NADH e FADH<sub>2</sub> são produzidos, eles são enviados para as mitocôndrias onde serão utilizados (oxidados) para a síntese de ATP. A oxidação do NADH e FADH<sub>2</sub> gera NAD<sup>+</sup> e FAD que podem ser reutilizados na beta-oxidação. Quando a célula está em anaerobiose, a cadeia transportadora de elétrons está inoperante e, conseqüentemente, não há reoxidação do NADH e FADH<sub>2</sub>. Conseqüentemente, faltará NAD<sup>+</sup> e FAD na célula o que, por sua vez, interrompe as reações de beta-oxidação.”*

Mas, em relação à cadeia transportadora de elétrons e à fosforilação oxidativa, o conceito bioquímico que demonstrou gerar maior dificuldade é o mecanismo de ação de desacopladores e inibidores, como se verifica no exemplo a seguir, que representa uma das dúvidas recebidas:

*“estou confundindo inibidores da cadeia de transporte de elétrons com inibidor de fosforilação oxidativa... quero saber o que é cada um, ou se servem para a mesma coisa...”*

Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*“Os inibidores da cadeia transportadora de elétrons atuam sobre um dos 4 complexos impedindo a continuidade da passagem de elétrons e, conseqüentemente, impedindo a continuidade do processo respiratório já que as coenzimas reduzidas (NADH e FADH<sub>2</sub>) não serão re-oxidadas. Já os inibidores da fosforilação oxidativa impedem a passagem dos prótons H<sup>+</sup> pela ATP sintase. Com isso, os prótons se acumulam no espaço intermembranas . A manutenção do gradiente de prótons impede o prosseguimento do transporte de elétrons já que a cadeia transportadora e a fosforilação oxidativa estão fortemente acopladas. Vale lembrar que também existem os desacopladores, substâncias capazes de dissociar o transporte de elétrons da fosforilação oxidativa. Na presença dos desacopladores a cadeia de transporte de elétrons continua operando normalmente, mas a síntese de ATP é interrompida. Isso ocorre porque o desacoplador permite a passagem dos prótons de volta à matriz. Com isso, a força próton-motriz é dissipada na forma de calor e não será utilizada na síntese de ATP, já que os prótons não passaram pela ATP sintase.”*

Em relação à fermentação, os conceitos bioquímicos que demonstraram gerar maior dificuldade foram o local de ocorrência do processo e o próprio

metabolismo do lactato. Primeiramente, um exemplo onde podemos verificar a dificuldade em relação à localização do processo:

*“Pq a [ ] de lactato não é zero durante estado de repouso?”*

Nesta dúvida, é possível perceber nas entrelinhas, a idéia de que, no nosso organismo, só o músculo em anaerobiose produz lactato. Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*“Porque, além das células musculares, células como as hemácias consomem glicose por fermentação láctica.”*

A seguir uma dúvida que exemplifica os problemas em relação ao metabolismo do lactato:

*“O que provocaria 1 declínio do nível d lactato depois do término de 1 corrida? Pq esse declínio ocorre + lentamente d q a elevação?”*

Nesta dúvida é possível perceber tanto uma dificuldade em relação à síntese do lactato como em relação à sua integração com o metabolismo de carboidratos. Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*“O lactato produzido durante o esforço físico é utilizado na síntese de glicose no fígado por gliconeogênese, provocando, assim, a redução da taxa de lactato circulante. Esse declínio na concentração de lactato é mais lento, pois a velocidade de sua produção é muito alta, pois no esforço físico intenso a necessidade energética é muito elevada.”*

Em relação à regulação via alosterias, o conceito bioquímico que demonstrou gerar maior dificuldade é a regulação da interconversão de frutose 6-fosfato e frutose 1,6-bisfosfato, como podemos verificar no exemplo a seguir, que representa uma das dúvidas recebidas:

*“Minha dúvida é sobre o papel inibidor da frutose - 2,6 - bifosfato. Eu não consigo entender como funciona. Se pudessem me explicar como ela atua, eu ficaria bem feliz. Bem feliz mesmo.”*

Esse problema vem reforçar a questão das dificuldades dos alunos em compreender a regulação da glicólise e da gliconeogênese. Para auxiliar o aluno foi enviada a seguinte resposta:

*“Primeiro, é importante deixar bem claro alguns aspectos da regulação da glicólise e da gliconeogênese. A regulação das duas vias é feita de forma recíproca, isto é, quando uma está ativa, a outra está desacelerada. Uma vez*

*que a glicólise e a gliconeogênese compartilham várias enzimas, a regulação diferencial só pode ser exercida nas etapas em que as vias diferem, incidindo sobre enzimas que pertencem a uma só das vias.*

*No fígado, o efetuator alostérico mais potente no controle da glicólise e da gliconeogênese é a frutose 2,6-bisfosfato, que influencia a atividade da fosfofrutoquinase 1 (glicólise) e da frutose 1,6-bisfosfatase (gliconeogênese). Note, que a frutose 2,6-bisfosfato NÃO é um intermediário da glicólise, e da sua concentração celular vai depender da ativação ou inibição da glicólise e da gliconeogênese.*

*Vamos a um exemplo: A atuação da frutose 2,6-bisfosfato impede a síntese de glicose quando esse açúcar está disponível: altos níveis de glicose acarretam altos níveis de frutose 6-fosfato, inibidor da frutose 2,6-bisfosfatase; a concentração de frutose 2,6-bisfosfato aumenta e a gliconeogênese fica inibida.”*

Ao analisarmos de forma geral as dificuldades apresentadas pelos alunos, podemos evidenciar dois pontos principais: os conceitos básicos e a integração do metabolismo. Fica evidente a necessidade de se dar maior atenção à fundamentação e ao estabelecimento dos conceitos fundamentais. Não adianta apenas se limitar a definir o conceito, é preciso que o professor induza o aluno a manipular o conceito. Porque na medida em que o aluno analisa a aplicação do conceito em situações variadas, as inconsistências tendem a surgir, permitindo que o professor as identifique e as solucione.

Em relação ao problema de integração do metabolismo, o papel do professor é, mais uma vez, fundamental. Sabemos que por uma questão didática os conteúdos são trabalhados de forma fragmentada. O que não deve acontecer é o professor esperar que, sozinho, o aluno seja capaz de identificar as relações existentes. É preciso chamar atenção para essas relações e, principalmente, propor situações-problema que coloquem os alunos diante do desafio de relacionar os conteúdos já trabalhados.

#### 4.3- Sobre a classificação das dúvidas recebidas pelo Plantão de Dúvidas *on-line*.

Um ponto que vem sendo amplamente debatido e discutido são as habilidades e competências que se esperam que os alunos possuam e consigam desenvolver ao longo de sua vida escolar. Essa discussão se faz ainda mais atual na medida em que, nesse ano, a prova do Enem (Exame nacional do ensino médio) começa a ser utilizada de maneira mais direta como avaliação para o ingresso dos alunos às instituições públicas de ensino superior (MEC, 2009).

Diante desse quadro, resolvemos classificar as dúvidas dos alunos recebidas através do Plantão de acordo com o seu nível de complexidade para, mais uma vez, tentarmos oferecer aos professores da disciplina de bioquímica um apoio indicando, além do assunto, a profundidade com que o problema se apresenta.

Para fazermos essa classificação sobre o nível de complexidade das dúvidas, optamos por adotar um critério próprio, baseado em três níveis de complexidade: baixo, médio e alto.

As dúvidas de nível baixo de complexidade são aquelas nas quais o aluno mostra problemas/dificuldades na definição de conceitos básicos, no reconhecimento de vias metabólicas, na classificação de compostos, na definição da função dos compostos e na localização da ocorrência dos fenômenos. Citamos a seguir exemplos de dúvidas consideradas de nível baixo:

*“Estou estudando aminoácidos(aa), e estou tendo dificuldade em memorizar que os aa básicos são os que a ph 7 apresentam a cadeia lateral(r) com carga positiva, enquanto os aa ácidos são os que no mesmo ph, apresentam a cadeia r com carga negativa. não estou conseguindo descobrir a lógica disso. assim, uma forma que encontrei p/ entender melhor seria: os aa c/ cadeia lateral +, são chamados básicos, pq a ph7, tem comportamento semelhante as bases de bronsted, recebendo próton. e os aa ácidos, são assim denominados pq a ph 7, doam próton ao meio, ficando c/ a cadeia r negativa. estou certa?”*

*“quando um ácido graxo de número ímpar de carbonos é degradado ocorre a formação final de uma molécula diferente de acetil-CoA. qual o nome desta molécula e qual seu destino?”*

*“Por que a [ ] de lactato não é zero durante estado de repouso?”*

*“A conversão de piruvato a etanol ou a lactato acontece no citosol?”*

As dúvidas de nível médio de complexidade são aquelas nas quais o aluno mostra problemas/dificuldades operacionais como na realização de cálculos, na percepção das possibilidades de variação no funcionamento das vias metabólicas e na realização de comparações e diferenciações entre estruturas, mecanismos de ação e vias metabólicas. Citamos a seguir exemplos de dúvidas consideradas de nível médio:

*“Suponha que uma hemácia disponha de uma quantidade não limitante de glicose. E se esta célula dispusesse de apenas uma molécula de NAD<sup>+</sup> e excretasse lactato, quantas moléculas de ATP ela poderia produzir?”*

*“A uma solução contendo todas as enzimas da glicólise foram adicionados 100mmoles de glicose, 20mmoles de ATP, 20 mmoles de ADP, 1 mmol de NAD<sup>+</sup> e 10mmoles de fosfato. Qual seria a quantidade máxima de lactato que poderia ser produzido nessas condições?”*

*“compare a β-oxidação com a síntese do palmitato, mostrando diferenças e semelhanças em:*

*a- carregadores de grupos acila;*

*b- gasto ou produção de energia em termos de equivalentes de ATP e de coenzimas redutoras”*

*“Comparar a oxidação de dois moles de glicose a acetil-coa com a oxidação de 1 mol de ácido láurico (12 carbonos) a acetil-coa quanto ao nº de moles de acetil-coa, saldo de atp, nº de moles de nadh e fadh<sub>2</sub> formados, vitaminas envolvidas e localização celular dos processos.”*

*“Qual dos dois oligossacarídeos pode produzir uma maior variedade de estruturas: os compostos por 5 resíduos de diferentes aminoácidos ou os compostos por 5 resíduos de diferentes monossacarídeos?”*

As dúvidas de nível alto de complexidade são aquelas nas quais o aluno mostra problemas/dificuldades em analisar gráficos, tabelas e em analisar o metabolismo de forma integrada, não sendo capaz de perceber, com isso, toda

a dinâmica de funcionamento da célula. Citamos a seguir exemplos de dúvidas consideradas de nível alto:

*“Gostaríamos de saber de que forma o consumo excessivo de carboidratos em geral pode resultar em aumento dos níveis séricos de triglicérides, pois na área médica é recorrente a recomendação a pacientes com hipertrigliceridemia de reduzirem a ingestão de alimentos fontes de carboidratos.”*

*“Faça o gráfico da velocidade de uma reação enzimática em função do pH para uma enzima estável entre pHs 3 e 12, considerando que o substrato não possui grupos ionizáveis e a atividade enzimática exige no centro ativo uma carboxila ( $pK_a = 5$ ) desprotonado e um grupo amino ( $pK_a = 9$ ) protonado.”*

*“pq apesar do  $O_2$  não participar diretamente em nenhuma reação da B-oxidação, esta só acontece aerobicamente?”*

É importante esclarecer que a opção por criar nosso próprio critério de classificação se deve a dois motivos. Primeiro, a facilidade de adequar os critérios ao caso específico da disciplina de bioquímica, se adequando ao nosso objetivo de melhor auxiliar os professores da disciplina. Segundo, para não nos comprometermos com nenhuma das classificações já existentes e estabelecidas uma vez que o presente trabalho não tem como objetivo promover uma análise detalhada de um tema tão complexo quanto o desenvolvimento de habilidades cognitivas.

O resultado da análise das dúvidas em relação ao nível de complexidade está representado na figura 8.

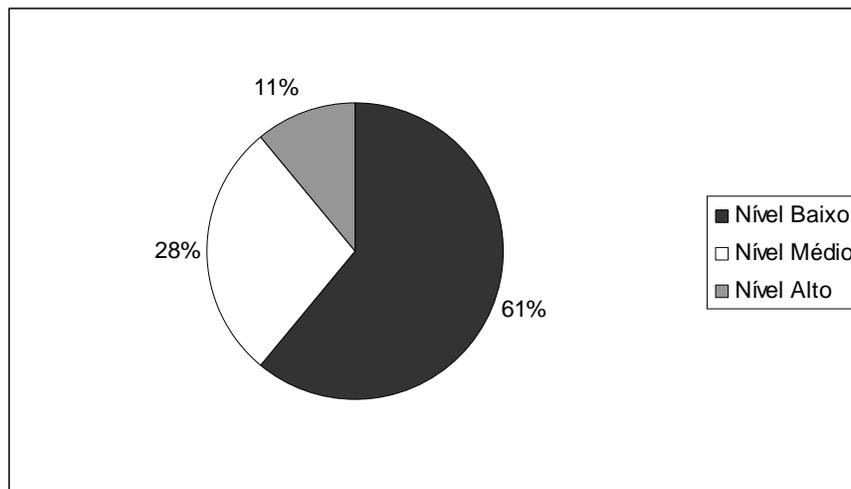


Figura 8: porcentagem de cada um dos níveis de complexidade das dúvidas.

Com um total de 240 dúvidas (61%), fica evidente que as questões conceituais, apesar de serem as mais básicas, são a maior fonte de dificuldade entre os estudantes. Esse resultado deixa claro a necessidade de se dar, durante o curso, maior atenção para os aspectos fundamentais do conteúdo. Esse problema pode estar relacionado ao fato de que, muitas vezes, pressionado por uma carga horária semanal reduzida e um grande volume de conteúdo a ser trabalhado, o professor passe rapidamente pelos conceitos básicos e, acreditando que todos compreenderam esse ponto mais simples da matéria, utiliza a maior parte do tempo na discussão de problemas mais avançados. Mas como entender o mais complexo sem antes entender as partes que constituem toda a complexidade? Acreditamos que não seja viável. E é por isso que chamamos a atenção para a importância de tentar garantir que os alunos consigam aprender o mais simples para que depois eles tenham maior facilidade em tratar as questões mais elaboradas. Melhorar a habilidade com que o aluno trabalha os conceitos fundamentais o ajudará no processo de integrar o metabolismo, pois quanto mais sólida for a base, mais fácil será a edificação do conhecimento e, conseqüentemente, das relações existentes.

#### **4.4- Sobre os alunos que acessaram o Plantão de Dúvidas *on-line*.**

Para nos enviar uma dúvida, o aluno que acessava o plantão precisava fornecer algumas informações como: a universidade onde estuda, o curso de graduação e o período, onde fez ensino médio e se fez cursinho pré-vestibular. Apesar das informações não serem suficientes para construir um perfil dos alunos usuários do plantão, algumas dessas informações foram tabuladas e analisadas. Os resultados estão representados em tabelas e gráficos e discutidos a seguir.

Um ponto que surpreendeu positivamente foi que, além de alunos USP, Unicamp, Unifal, Unip e Uniban, onde o serviço foi sistematicamente divulgado, o Plantão de Dúvidas recebeu questões de diversas outras universidades que estão listadas a seguir: Unicastelo (Universidade Camilo Castelo Branco – SP), Faculdade Oswaldo Cruz – SP, Unigranrio (Universidade do Grande Rio – RJ), UCB (Universidade Castelo Branco – RJ), Unioeste (Universidade Estadual do Oeste do Paraná – PR), Unicentro (Universidade Estadual do Centro Oeste –

PR), UFC (Universidade Federal do Ceará – CE), UFPA (Universidade Federal do Pará – PA), Facimed (Faculdade de Ciências Biomédicas de Cacoal – RO) e Unit (Universidade Tiradentes – SE). A ocorrência desses acessos oriundos de universidades onde o Plantão de Dúvidas não foi divulgado nos mostra que existe uma demanda por processos de ensino-aprendizagem em que a necessidade da proximidade física não seja mais o fator limitante.

Com relação ao curso de graduação ao qual pertence o aluno que enviou as dúvidas, o resultado está representado na Figura 9.

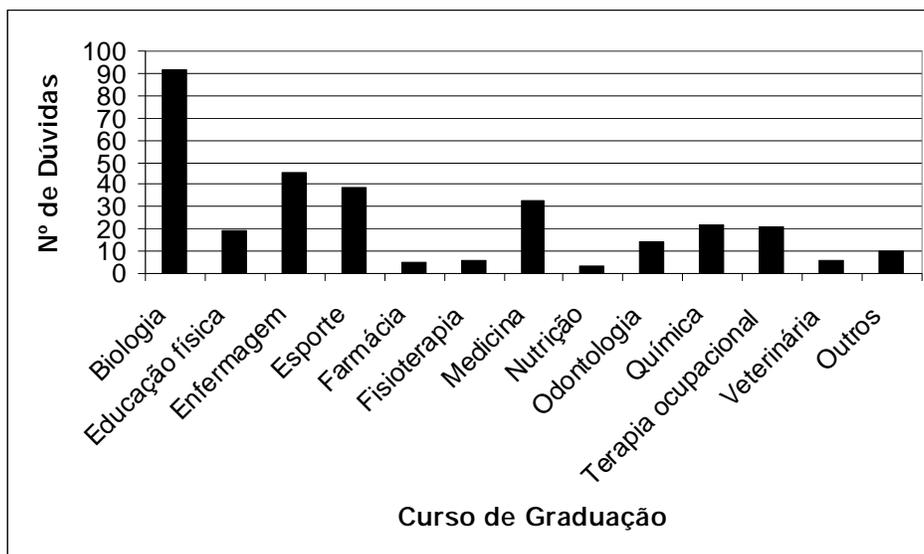


Figura 9: Número de dúvidas recebidas de alunos de cada curso de graduação.

Pode-se notar um forte predomínio de dúvidas oriundas do curso de Biologia. Isso se justifica pelo acesso freqüente, ao plantão de dúvidas, de dois alunos, um do curso de biologia diurno e outro do noturno, ambos da USP. Também recebemos acessos freqüentes de alunos de outros cursos como Enfermagem e Esporte. Este dado, no entanto, não nos permite inferir que em tais cursos a disciplina de bioquímica apresente maiores deficiências em relação aos outros cursos, visto que estes resultados são ainda preliminares.

Por outro lado, o uso freqüente do plantão de dúvidas por esses alunos nos mostra que essa ferramenta de ensino-aprendizagem pode ser bastante proveitosa para o aluno, não apenas para resolver uma dúvida pontual, mas para auxiliá-lo ao longo de todo o processo.

Uma outra questão analisada foi em relação à origem escolar dos alunos que utilizaram o serviço do plantão de dúvidas. Queremos saber se, ao cursar

o ensino médio, esse aluno (i) estudou só em escola pública (Pública), (ii) estudou só em escola particular (Particular) e (iii) estudou uma parte em escola pública e outra em escola particular (Pública-Particular). Os resultados estão representados na Figura 10.

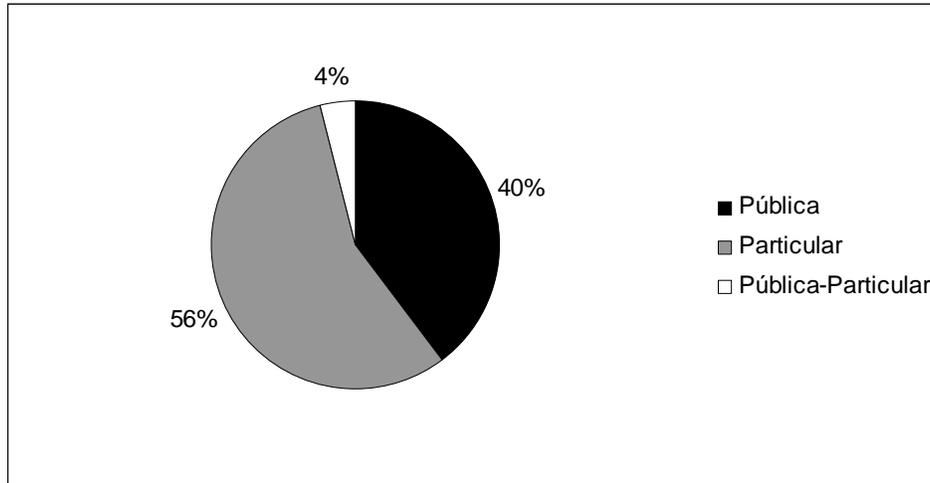


Figura 10: Número de dúvidas em função da origem escolar do usuário do plantão.

Percebe-se um predomínio de perguntas oriundas de alunos provenientes de ensino médio cursado todo em escola particular. Porém, nossos dados não são suficientes para correlacionar esse maior número de dúvidas com a qualidade do ensino nas escolas. Esse resultado se deve, provavelmente, a um número maior de estudantes oriundos de escolas particulares cursando universidade. Um ponto interessante, é que pouquíssimas dúvidas foram recebidas de alunos que cursaram parte do ensino médio em escola pública e parte em escola particular, o que pode nos indicar que a prática de trocar uma situação de ensino pela outra é pouco comum.

Também analisamos os alunos em relação ao fato de eles terem ou não se preparado para o vestibular com apoio de algum cursinho pré-vestibular. Os resultados estão representados na Figura 11.

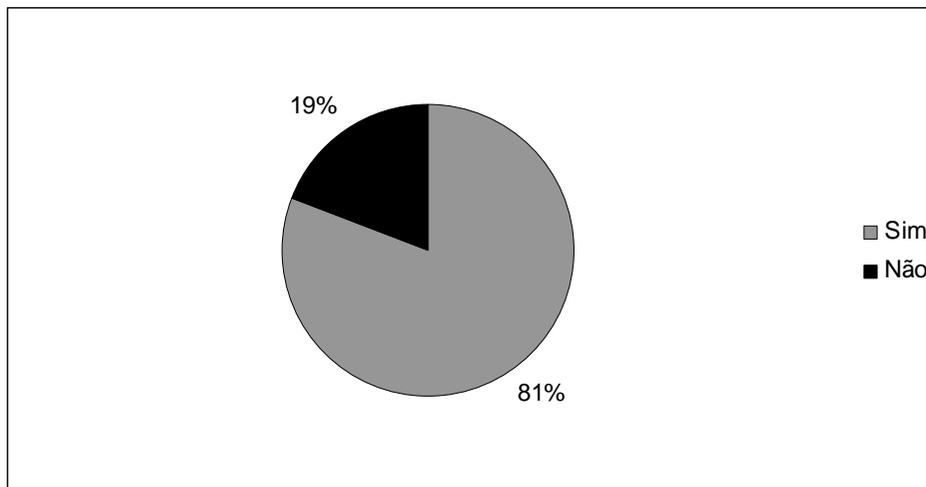


Figura 11: Número de dúvidas em relação a alunos que fizeram ou não cursinho pré-vestibular.

Os resultados evidenciam que a grande maioria dos alunos fizeram cursinho pré-vestibular durante sua preparação. Porém, com os dados que temos disponíveis, não podemos propor nenhuma relação entre a qualidade desses cursinhos pré-vestibular com os problemas que os alunos enfrentam, em bioquímica, durante a graduação. No entanto, vale lembrar que, dada a concorrência do vestibular, a grande maioria dos alunos passa pelo cursinho pré-vestibular antes de ser aprovado. Neste sentido, é de se esperar que a maioria das dúvidas seja de alunos que passaram por algum curso preparatório para o vestibular.

#### 4.5- Sobre a avaliação dos alunos.

Neste tipo de trabalho, a avaliação do serviço por parte dos alunos atendidos é fundamental, pois, como não nos encontramos com os alunos, este é o retorno que recebemos deles sobre a qualidade do nosso atendimento.

Para isso, os alunos acessaram, preencheram o formulário e nos enviaram uma avaliação do nosso atendimento.

Recebemos retorno de 32 usuários do plantão de dúvidas, ou seja, nos foram enviados um total de 32 formulários avaliando nosso atendimento. Os resultados desse retorno estão representados nas figuras 12, 13, 14, 15 e 16 a seguir.

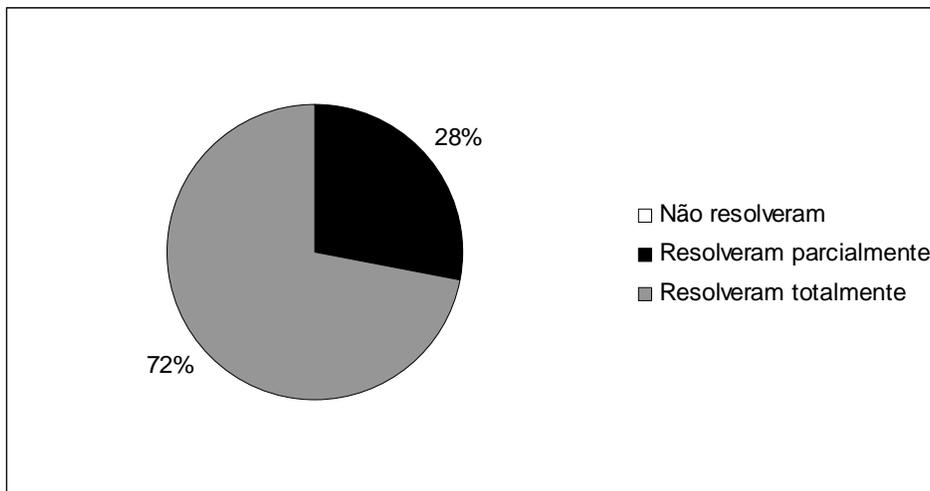


Figura 12: Avaliação dos alunos sobre a eficiência das respostas em resolver suas dificuldades.

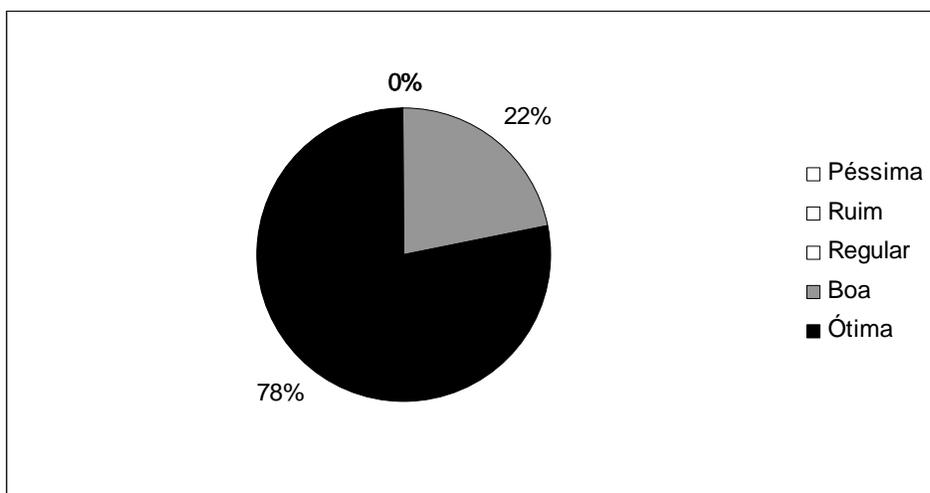


Figura 13: Avaliação dos alunos sobre a qualidade do atendimento prestado pelo Plantão de Dúvidas.

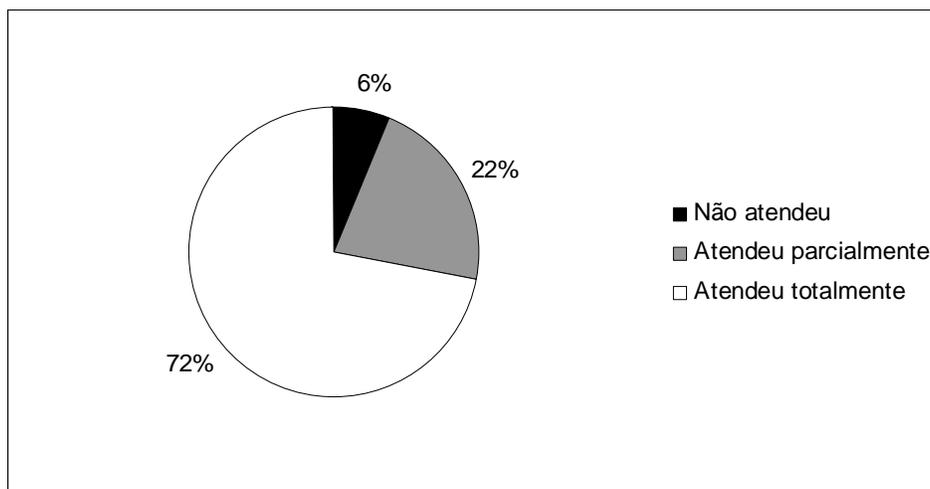


Figura 14: Avaliação dos alunos sobre o atendimento às suas necessidades por uma resposta dada em até 48 horas.

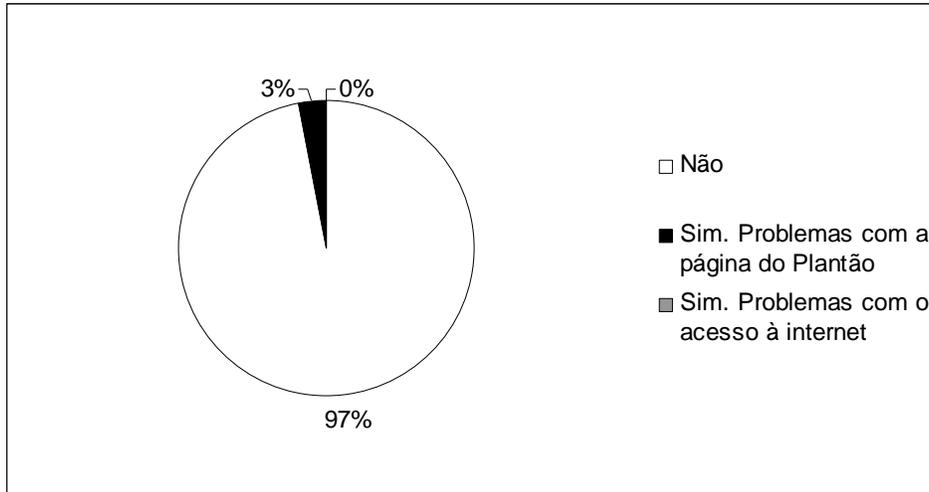


Figura 15: Avaliação dos alunos sobre a existência ou não de dificuldades para acessar o Plantão de Dúvidas.

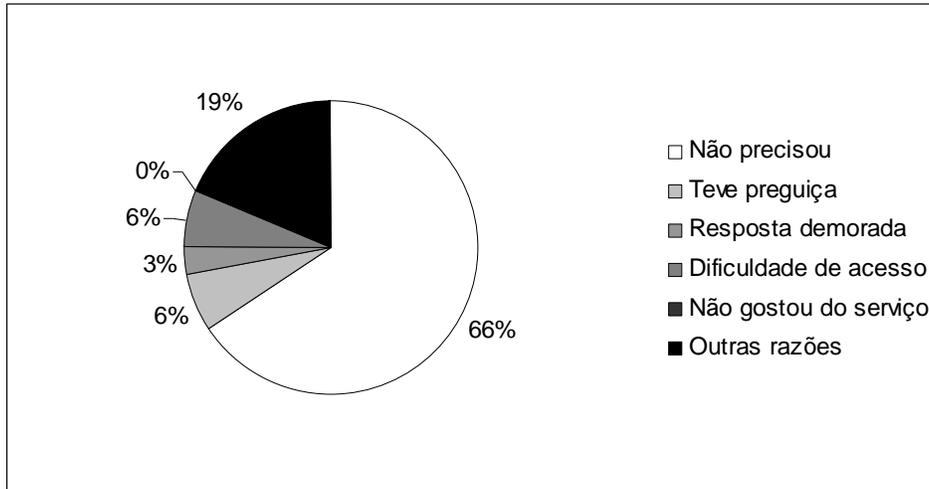


Figura 16: Avaliação dos alunos sobre o por que de não terem utilizado mais vezes o Plantão de Dúvidas.

Além disso, recebemos, via e-mail, ao longo do semestre algumas manifestações de satisfação com o atendimento como podemos observar nas mensagens a seguir:

*“Muito obrigado por ter tirado minha dúvida. A iniciativa de vocês, plantonistas, torna a Bioquímica e a Biologia Molecular mais interessantes.”*

*“Brigadão pela resposta, vai sim ajudar no meu entendimento!?”*

*“Muito obrigada pela resposta, realmente ajudou muito! Grata pela colaboração.”*

*”Muito obrigado pelos esclarecimentos Fernando, agora acho que vou entender a glicólise completa!!!”*

Recebemos ainda, no espaço destinado a críticas, comentários e sugestões, as seguintes mensagens:

*“ Adorei a atenção dada ao aluno!!”*

*“ EXCELENTE!!! EFICIENTE!!!”*

*“ É um serviço muito cômodo , o que amplia as expectativas no aprendizado da Bioquímica.Muito bom, mesmo..”*

*“O atendimento as dúvidas é muito bom. A iniciativa de manter um serviço dessa grandesa deveria se estender a outras disciplinas.”*

*“O atendimento foi muito bom. Por isso a única sugestão é que ele não acabe. Que seja um plantão disponível a qualquer momento do curso.”*

Com isso, acreditamos que o objetivo proposto inicialmente, de auxiliar o aluno a resolver suas dúvidas enquanto estuda, foi alcançado.

## 5- CONSIDERAÇÕES

É necessário comentar o que, para nós, foi uma surpresa: o número relativamente pequeno de dúvidas recebidas pelo Plantão. Ao pensar sobre o desenvolvimento do projeto, optamos por começar atendendo apenas os alunos da USP, pois acreditávamos que, nesse universo, o número de dúvidas já seria grande. Ampliamos a rede de atendimento do serviço, mas os resultados não mostraram melhoras significativas. Essa situação poderia ser analisada sob os seguintes aspectos: (i) os alunos não tiveram nenhuma dúvida, o que achamos bem pouco provável; (ii) houve algum problema na divulgação e grande parte dos alunos não ficaram sabendo da existência do Plantão de Dúvidas *on line*, (iii), a estrutura das disciplinas oferecidas pelo IQ-USP, nas quais os alunos contam com a existência de um monitor que poderia auxiliar o professor a resolver todas as dúvidas na sala de aula; (iv) a ferramenta utilizada, sendo o acesso a internet, em casa, um fator limitante para o uso freqüente do Plantão de Dúvidas *on line*, (v) a cultura de estudo, na qual os alunos têm o hábito de estudar apenas na véspera da prova, o que poderia restringir o acesso ao Plantão, que pedia um prazo de até 48 horas para enviar a resposta.

Situado entre as ciências humanas e sociais, o estudo dos fenômenos educacionais não poderia deixar de sofrer as influências das evoluções ocorridas naquelas ciências. Por muito tempo elas procuraram seguir os modelos que serviram tão bem ao desenvolvimento das ciências físicas e naturais, na busca da construção do conhecimento científico do seu objeto de estudo. Assim, tal como naquelas ciências, o fenômeno educacional foi estudado por muito tempo como se pudesse ser isolado, como se faz com um fenômeno físico, para uma análise acurada, se possível feita em um laboratório, onde as variáveis que o compõem pudessem também ser isoladas, a fim de se constatar a influência que cada uma delas exercia sobre o fenômeno em questão (Ludke e André, 1986). Enfim, não podemos afirmar com certeza qual ou quais os fatores tiveram maior ou menor influência sobre o número de dúvidas enviadas ao Plantão e analisadas no presente trabalho. Queremos defender a importância de se olhar para essa pesquisa não somente com uma visão quantitativa, preocupada única e exclusivamente com o número

de dúvidas. Mas é preciso perceber seu valor qualitativo, na medida em que esse projeto se comprometeu a olhar o problema do ponto de vista do objeto de estudo, ou seja, dos alunos, e não somente do ponto de vista do pesquisador. E a pesquisa qualitativa começa ao aceitarmos que existem diferentes caminhos que nos dão o senso do mundo e diz respeito à descoberta do significado dado por aqueles que estão sendo pesquisados, entendendo suas visões de mundo, em vez da visão dos pesquisadores (Albino e Grosseemann, 2004).

## 6- CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Para se realizar uma pesquisa é preciso promover o confronto entre os dados, as evidências, as informações coletadas sobre determinado assunto e o conhecimento teórico acumulado a respeito dele. Em geral isso se faz a partir do estudo de um problema, que ao mesmo tempo desperta o interesse do pesquisador e limita sua atividade de pesquisa a uma determinada porção do saber, a qual ele se compromete a construir naquele momento. Trata-se, assim, de uma ocasião privilegiada, reunindo o pensamento e a ação de uma pessoa, ou de um grupo, no esforço de elaborar o conhecimento de aspectos da realidade que deverão servir para a composição de soluções propostas aos seus problemas (Ludke e André, 1986). E esse foi o nosso papel, olhar para os problemas enfrentados em relação aos conteúdos da disciplina de bioquímica sob o ponto de vista dos alunos, na tentativa de indicar os pontos principais de dificuldade de maneira que os professores, de posse dessa análise, possam preparar os seus cursos estando cada vez mais atentos para essas questões. Sabemos que muito ainda tem de ser feito, mas esperamos que esse trabalho possa representar um passo inicial na busca do aperfeiçoamento da disciplina de bioquímica. Que outros trabalhos continuem a reunir conhecimentos que forneçam aos professores informações cada vez mais detalhadas sobre as dificuldades enfrentadas pelos alunos. E que de posse desse conhecimento, os professores possam escolher os instrumentos mais eficazes para conduzir seus alunos pelo caminho, nem sempre retilíneo, da construção do conhecimento e do aprender.

## 7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, R. B.; GROSEMANN, S. (2004) *Pesquisa qualitativa, quando e por que?* Arquivos Catarinenses de Medicina, v. 33, n. 1, p.24-26.

ANDERSON, S.E.; HARRIS, J. (1997) *Factors associated with amount of use and benefits obtained by users of a Statewide Educational Telecomputing Network.* Educ. Tech. Research and Development 45(1), p.19-50.

BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. (1986) *Produção de materiais didáticos de Ciências no Brasil, período: 1950-1980.* Ciência e Cultura, São Paulo, v. 38, n. 12, p. 1970-83, dezembro.

BASTOS, J. A. S. L. A. (1997) *Educação e tecnologia.* Educação & Tecnologia. Revista Técnico-Científica dos Programas de Pós-graduação em Tecnologia dos CEFETs PR/MG/RJ, Curitiba, ano I, nº 1, abr., pp. 4-29.

BRASIL. *Lei n. 4.024 de 20/12/1961: fixa as diretrizes e bases da Educação Nacional.* São Paulo, FFCL, 1963.

BRASIL. *Diretrizes e bases da educação nacional: Lei n. 5.692, de 11/8/1971, Lei n. 4.024, de 20/12/1961.* São Paulo, Imesp, 1981.

BRASIL. *Lei n. 9.394 Diretrizes e bases da educação nacional: promulgada em 20/12/1996.* Brasília, Editora do Brasil, 1996.

CORTELLA, M. S. (1999) *A escola e o conhecimento: fundamentos epistemológicos e políticos.* São Paulo: Cortez: Instituto Paulo Freire.

DELORS, J. (coordenador) (2000) *Educação: um tesouro a descobrir.* Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. 4ª ed. São Paulo: Cortez.

GIORDAN, M.; MELLO, I. C. (2000) – *Educação aberta na WEB: Serviço de Atendimento aos Estudantes*. Química Nova, nº 12, p. 08-10.

HEWSON, P. W.; HEWSON, M. G. A'B. (1984). *The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of instruction*. Instructional Science, 13(1), 1-13.

KRASILCHIK, M. (2000) *Reformas e realidade: o caso do ensino de Ciências*. São Paulo em Perspectiva, 14(1), p. 85-93.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. (1986) *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. São Paulo: EPU

MASON, R. (1998) - *Models of On-line Courses*. Assynchronous Learning Network Magazine, Vol 2, Issue 2.

MELLO, I. C. (2003) – *Sobre os Ambientes Telemáticos de Ensino Não-Presencial: Uma perspectiva Temporal* – Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, USP.

MEC (Ministério da Educação) 2009 – Disponível em <http://portal.mec.gov.br/>

MENEZES, S. L. (2008) *Concepções alternativas em bioquímica reveladas em cursos a distância de formação continuada de professores*. - Tese de Doutorado – Departamento de Bioquímica do Instituto de Química da Universidade de São Paulo.

MORAN, J. M. (2000) – *Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias* - Informática na Educação: Teoria & Prática. Porto Alegre, vol. 3, n.1 (set. 2000) UFRGS. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, pág. 137-144.

MORTIMER, E. F. (1995) *Conceptual Change Or Conceptual Profile Change?*- Science & Education, Holanda, v. 4, n. 3, p. 267-285.

NARDI, R. (2005) *Memórias da Educação em Ciências no Brasil: a pesquisa em Ensino de Ciências*. Investigações em Ensino de Ciências, 10(1), p. 63-101

OLIVEIRA, G. A.; SOUSA C. R.; DA POIAN A. T.; LUZ M. R. M. P. (2003) Students' misconception about energy-yielding metabolism: glucose as the sole metabolic fuel – Advances in Physiology Education, v. 27, n. 3, setembro.

RODRIGUES, R. C. (2002) *Educação à Distância em Cursos Presenciais do Ensino Superior - Uma Análise de Estratégias Pedagógicas Não Presenciais* – Dissertação apresentada à Universidade Presbiteriana Mackenzie para a obtenção parcial do título de Mestre em Educação, Arte e História da Cultura. São Paulo.

SILVA, R. T. (2003) – *O Computador e o Ensino*. Texto retirado da internet e disponível em <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/port/emc.htm#EduM>. Acesso em novembro de 2005.

STARR, R.M.; MILHEIM, W.D. (1996) *Educational uses of the Internet: an exploratory survey*. Educational Technology. p.19-20.

VILLANI, A.; DIAS, V. S.; VALADARES, J. M. (2009) *The Development of Science Education Research in Brazil and Contributions from the History and Philosophy of Science*– International Journal of Science Education (no prelo).

VYGOTSKY, L. S. (1998) *Pensamento e linguagem*. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes.

WILSON, B. G. (1995) - *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design*. - Educational Technology Publications

YOKAICHIYA, D.K. (2005) - Estruturação e avaliação de uma disciplina de Bioquímica a Distância Baseada no Modelo de Aprendizagem Colaborativa – Tese de doutorado, Departamento de Bioquímica, Unicamp.

YOKAICHIYA, D.K.; GALEMBECK, E.; TORRES, B.B. (2004) - *Adapting a Biochemistry Course to Distance Education* - Biochemistry and Molecular Biology Education v. 32, n.1, p. 27-29.