

AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA DO ENTENDIMENTO DOS ALUNOS DE CIÊNCIAS EXATAS SOBRE CONCEITOS BÁSICOS DE FÍSICA QUÂNTICA: UM ESTUDO DE CASO NO CAMPUS DA UNIABC ANHANGUERA

Adilson Camilo de Barros – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Camila Araújo Pan – Universidade do Grande ABC - UniABC

Renata Nascimento Nogueira – Faculdade Anhanguera de Valinhos

Washington Barbosa da Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Ronni Geraldo Gomes de Amorim – Universidade de Brasília, Campus Gama

Fernanda Oliveira Simon – Faculdade Anhanguera de Campinas - unidade 3

Flávio César Vicentin – Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais

RESUMO: O objetivo desta pesquisa foi delinear um perfil acadêmico dos alunos da UniABC - Anhanguera Educacional, em termos de conhecimentos básicos na área de ciências exatas, especificamente em conteúdos trabalhados na física quântica, para subsidiar ações do próprio corpo docente em nível nacional, para melhoria e aprofundamento da base conceitual necessária à cursos como engenharias, química, computação, licenciaturas e tecnologias. A metodologia empregada constituiu-se na aplicação de questionários à alunos de graduação na região do ABC Paulista. Os resultados estabeleceram um perfil sócio-econômico dos alunos bem como indicaram lacunas na base conceitual desses estudantes, a serem trabalhadas de modo permanente através de atividades de extensão por projetos e atualização de currículos acadêmicos .

ABSTRACT: The aim of this study was to delineate a profile of student's of Academic Anhanguera in terms of basic knowledge in the field of exact sciences, specifically in worked contents in quantum physics, to support programs with the teachers themselves at the national level for improving and deepening conceptual basis necessary for courses like engineering, chemistry, computing and technology degrees. The methodology consisted of questionnaires to undergraduate students in the ABC region of São Paulo. The results established a socio-economic profile of the students and indicated gaps in the conceptual basis of these students, to be worked permanently through extension activities for projects and upgrading academic curricula.

PALAVRAS-CHAVE:

Ensino de física; Ensino de ciências; Mecânica quântica; Alfabetização científica; Ensino de graduação; Pesquisa Educacional.

KEYWORDS:

Teaching physics; Science teaching; Quantum mechanics; Scientific literacy; Undergraduate education; Educational research.

Artigo Original

Recebido em: 05/12/2012

Avaliado em: 14/02/2014

Publicado em: 17/06/2014

Publicação

Anhanguera Educacional Ltda.

Coordenação

Instituto de Pesquisas Aplicadas e Desenvolvimento Educacional - IPADE

Correspondência

Sistema Anhanguera de Revistas Eletrônicas - SARE
rc.ipade@anhanguera.com

1. INTRODUÇÃO

A mecânica quântica tem como marco histórico de seu nascimento, a apresentação do artigo “Sobre a teoria da lei de distribuição de energia do espectro normal”, por Max Planck à Sociedade Alemã de Física em 14 de dezembro de 1900, que discorre sobre a radiação térmica do corpo negro (Eisberg & Resnick, 1979). No entanto outros exemplos vão acontecendo previamente naquela época e que mostram o surgimento de um novo ponto de vista para compreender objetos de natureza microscópica, domínio da quântica: James Clerk Maxwell propõe uma teoria cinética dos gases em 1859 para verificar se as propriedades macroscópicas destes, mensuráveis em laboratório, podiam ser previstas a partir de um modelo microscópico (McEvoy & Zarate, 2012) ; Pierre e Marie Curie descobrem em 1898 uma nova propriedade da matéria baseada nas observações do físico francês Henry Becquerel sobre “algo” que provocava a sensibilização de chapas fotográficas em contato com certos minerais, mesmo na ausência do Sol e também faziam com que um gás conduzisse eletricidade. Este “algo” foi chamado de radioatividade, termo criado pelos Curie (Ronan, 2001) ; Roentgen descobre os raios X em 1895 (Santos, 1995), etc. Todos esses fenômenos representavam um passo além daquilo que poderia ser explicado pela física conhecida até então com a cosmovisão newtoniana do universo. Estava nascendo aqui e ali a mecânica quântica bem como suas inúmeras aplicações à objetos da natureza e da tecnologia. Uma constatação da contemporaneidade e pertinência histórico-estratégica do tema é o prêmio Nobel de física de 2012 cuja láurea encaminhou-se ao norte americano David J. Wineland e ao franco marroquino Serge Haroche pelo estabelecimento de métodos experimentais inovadores que permitem a medição e manipulação de sistemas quânticos individuais. Com o objetivo de traçar um perfil sobre conhecimentos gerais em ciências, dos alunos da Anhanguera Educacional , que oriente ações educativas no âmbito do ensino da física, disciplina fundamental na área de ciências exatas, mas de modo específico em um ramo desta, a física quântica, cujos conceitos elementares tem implicações científicas e tecnológicas profundas numa grande amplitude de saberes, que vai da espectroscopia química até a engenharia de sistemas e à mecatrônica industrial, exercendo também sua força de teoria nas questões filosófico-epistemológicas da atualidade.

Embora os resultados não sejam surpreendentes no contexto educacional do país, tais são inéditos do ponto de vista de seu espaço amostral diferenciado, que representa uma recente configuração do ensino particular e privado no país. Neste trabalho investiga-se a realidade de alunos do campus da UniABC - Anhanguera localizada na região de Santo André. Sabe-se que a participação do ensino privado no nível superior aumentou, sobretudo na década de 70, como decorrência de uma pressão de demanda a partir da “questão dos excedentes”. De 1994 para cá, o número de alunos subiu 36,1% nas instituições privadas, bem acima das públicas. No conjunto da América Latina, o Brasil apresenta um dos índices

mais baixos de acesso à educação superior, mesmo quando se leva em consideração o setor privado (Didonet, 2006).

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

O primeiro passo consistiu na criação de um instrumento capaz de levantar dados sobre os alunos do campus, que pudesse indicar um perfil sobre os conhecimentos destes estudantes, suposto deficiente, e capaz de indicar possibilidades de interferir na situação geral de despreparo destes, a fim de minimizá-la. O instrumento concebido para tal finalidade foram os questionários de pesquisa, que constituem uma técnica estruturada para a coleta de dados (Appolinário, 2004). Os questionários foram elaborados pelos professores Washington Silva e Ronni Amorim do Distrito Federal e foram aplicados em várias localidades incluindo o ABC Paulista, cujos resultados constituem objeto específico desta pesquisa. Foram elaborados dois tipos de questionários que por fim convergem para o mesmo objetivo de levantar dados sobre o perfil desses alunos, do ponto de vista de sua escolaridade, família, trabalho, profissão e alfabetização científica geral. Para estruturar os resultados obtidos dividiu-se o questionário em quatro partes: 1) Perguntas que remetem à identificação do aluno ; 2) Perguntas sobre a formação geral destes estudantes ; 3) Perguntas voltadas para conhecimentos específicos de física quântica e 4) Perspectivas dos alunos à respeito de sua própria formação. Participaram no total em torno de 120 alunos, todos de graduação em cursos da área de ciências exatas do campus da UniABC- Anhanguera. Como não existe o curso de graduação em física neste campus, trabalhou-se com amostras de alunos de cursos de engenharia, mecânica, química, matemática e computação, que aceitaram responder as questões de maneira espontânea. Solicitou-se a alunos presentes da área de humanas, que não respondessem aos questionários. Também houve uma solicitação e anuência do Conselho Universitário de Ética, pois toda vez que se trabalha com seres humanos, faz-se necessário tal solicitação. Os resultados foram tabulados em termos de porcentagens, apresentados em gráficos ou tabelas e complementados com respostas e comentários feitos por alunos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Perguntas sobre identificação dos alunos

Sobre a primeira questão que solicitava que os alunos se identificassem, obtivemos 59 % dos alunos que acusaram seus nomes enquanto 41% permaneceram como anônimos. Para a segunda questão sobre a faixa etária dos alunos, observou-se uma verdadeira miscelânea de idades, o que gerou um desvio padrão alto e a necessidade de expressar os resultados

em intervalos de cinco anos. Obtivemos assim o seguinte resultado: a idade média foi de $i = (24,7 \pm 7,6)$ anos, sendo que o aluno mais jovem tinha 17 anos (vários casos) enquanto o mais velho tinha 62 anos (só um caso, porém outros próximos deste valor), o que nos dá uma boa idéia do público com o qual lidamos. A faixa etária que predomina é aquela entre 15 e 20 anos de idade. A distribuição percentual de idades está ilustrada na figura 1.

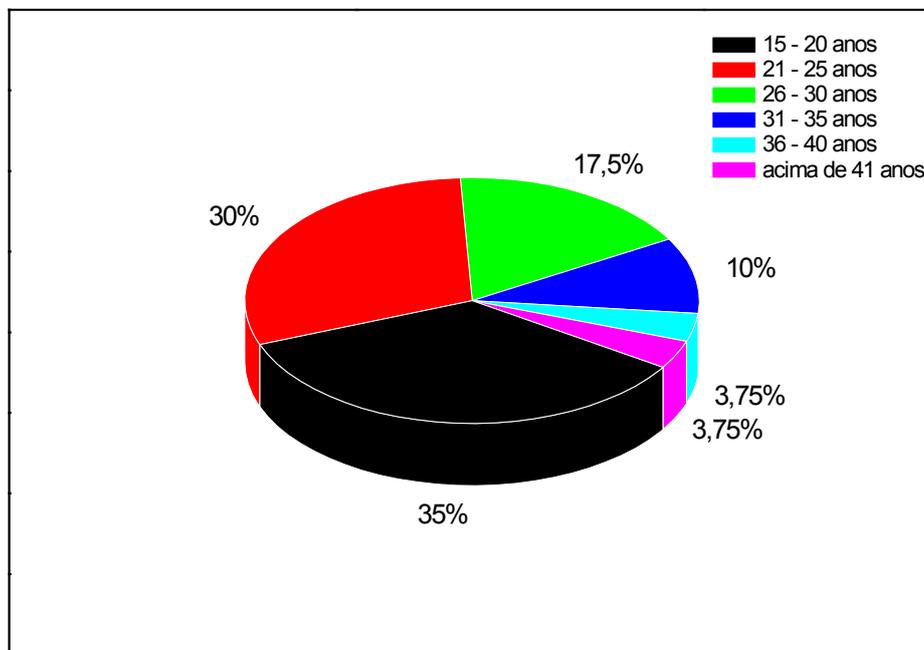


Figura 1- Distribuição percentual da faixa etária dos estudantes de graduação por intervalos de 5 anos.

Sobre os cursos de graduação, houve uma predominância de alunos da área de química, seguido das engenharias, que inclui também a mecatrônica, redes de computadores e por fim matemática, conforme a distribuição apresentada na figura 2.

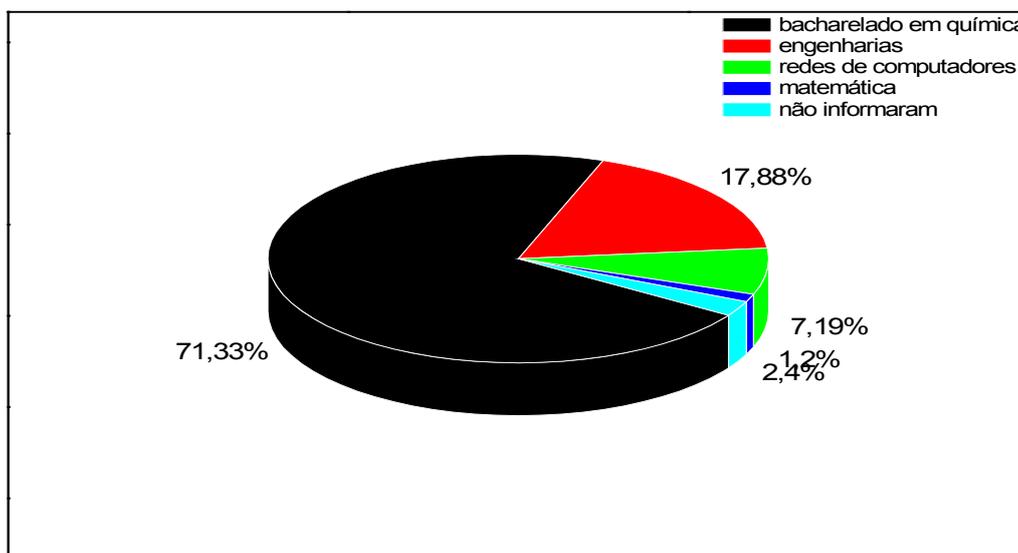


Figura 2 - Distribuição dos alunos de cursos de exatas no campus que participaram da pesquisa.

O perfil dos alunos quanto ao semestre que cursam, mostra que temos uma predominância de primeiro anistas. Cabe comentar que foi mais difícil mobilizar alunos do último ano devido a uma certa indiferença por parte destes em participar de uma atividade de extensão. Os alunos ingressantes portanto constituíram a maior parte daqueles que se prontificaram a participar da pesquisa (figura 3).

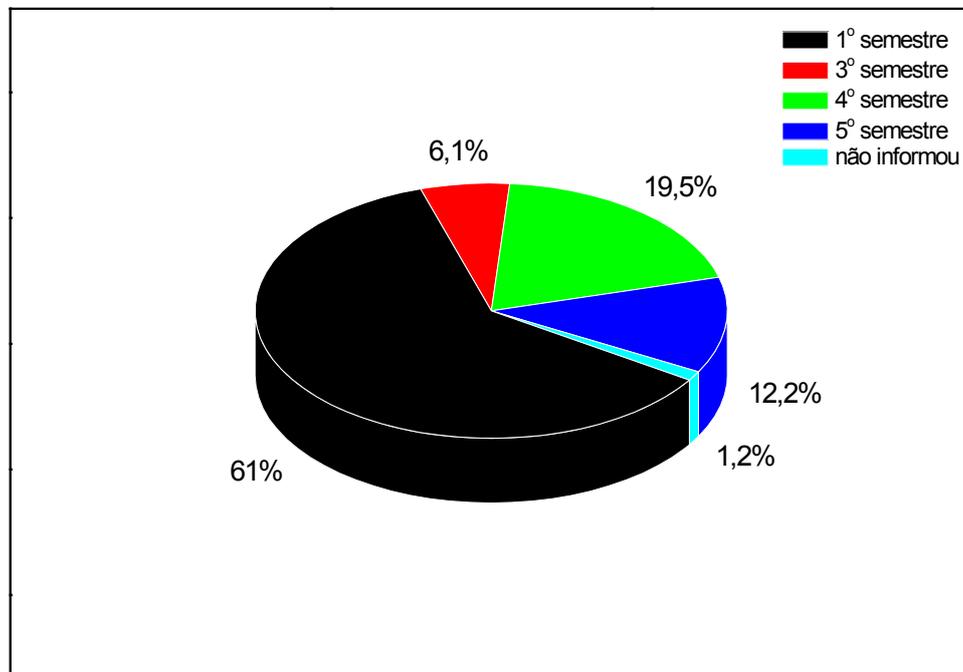


Figura 3 - Perfil dos alunos de graduação distribuídos por semestre .

Sobre as atividades profissionais dos alunos, percebemos uma grande porcentagem de alunos que optaram por não informar a profissão ou a ocupação atual (figura 4a e 4b).

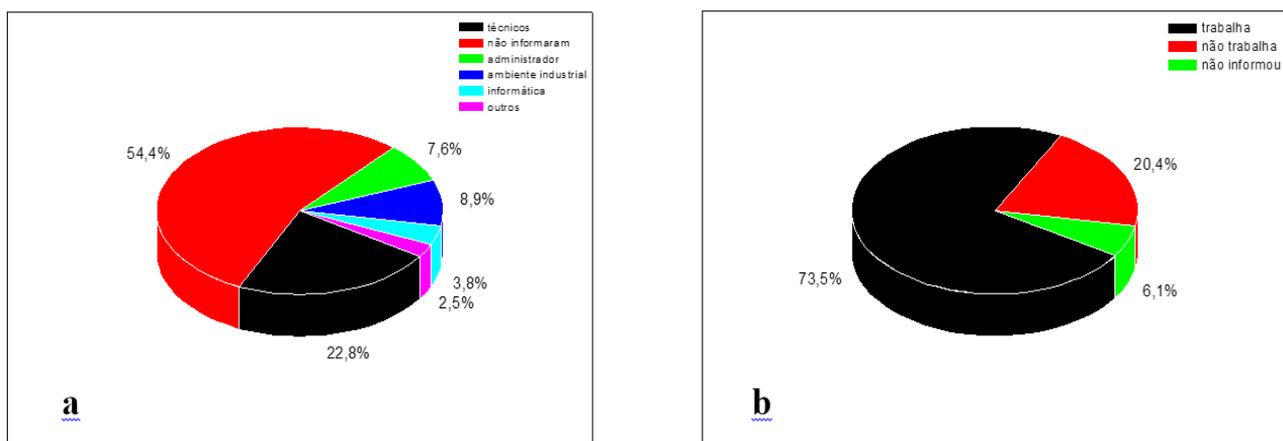


Figura 4 - Perfil de trabalho dos alunos: a) profissões dos alunos ; b) estado atual de ocupação dos alunos.

Perguntados sobre o tipo de empresa que trabalham, obtivemos que 54,3% trabalham em empresas privadas, 38,3% não informaram e apenas 7,4% trabalham em empresas

públicas. Sobre suas funções nas empresas, houve uma diversidade enorme de respostas e portanto agrupou-se estas funções em níveis de escolaridade e o resultado foi que 25,6 % enquadram-se no nível fundamental, 32,9 % no nível médio, 3,7 % no nível superior e 37,8 % deixaram em branco esta questão. Entre as funções de nível fundamental encontramos soldadores, vendedores, almoxerifes, agentes de organização escolar, ajudante geral, organizador de estoque, etc. Entre as funções de nível médio haviam técnicos em química, técnicos em manutenção industrial, profissionais de recursos humanos, redatores técnicos industriais e analistas de TI. As funções de nível superior foram raras podendo-se destacar um diretor de empresa, um professor e um supervisor da área administrativa.

Na escolaridade dos pais (figura 5), aqueles 2,4 % nomeados de “outros”, representam pais com pós graduação ou alunos que não informaram sobre o grau de escolaridade de seus pais, mas de qualquer maneira representam uma pequena porcentagem.

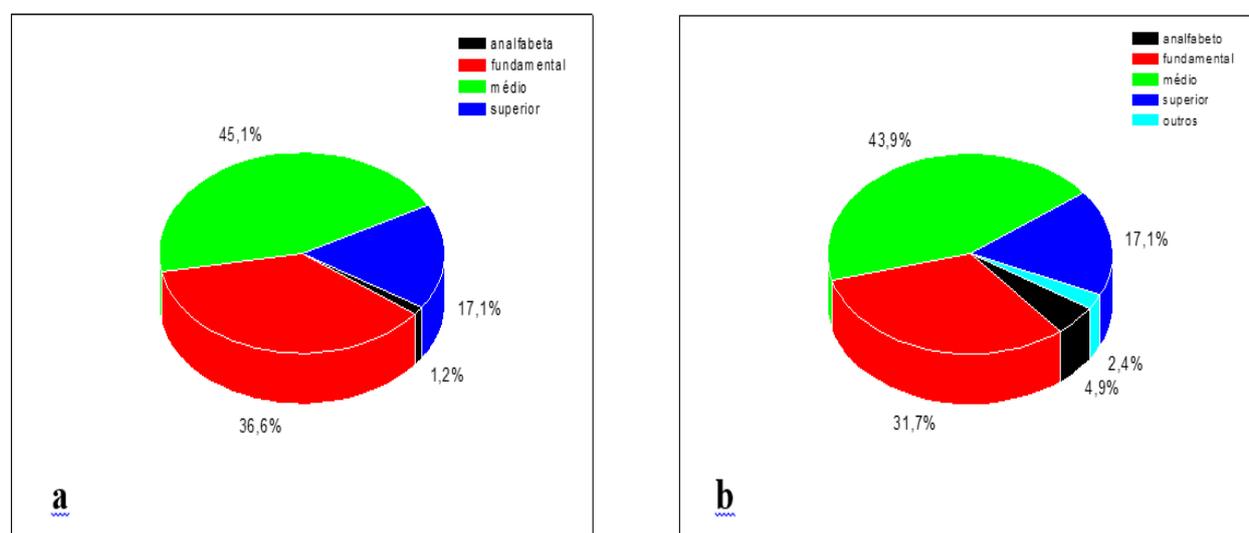


Figura 5 - Grau de escolaridade de pais de alunos: a) perfil das mães ; b) perfil dos pais.

Entre os cursos de graduação verificados na formação de 6,1 % dos alunos estão: administração de empresas, gestão da produção, gestão financeira, ciência da computação e desenho industrial. Cabe observar que nenhum desses cursos tem uma carga horária representativa de física ou sequer alguma noção, como no caso de administração de empresas, apesar da econofísica de Harry M. Markowitz (Markowitz, 1993). Em relação aos cursos técnicos, há uma grande variedade de opções: técnico em química, técnico em contabilidade, técnico em administração de empresas, técnico em saúde bucal, técnico em meio ambiente, técnico em informática, técnico em turismo, entre outros. Pôde-se verificar também que a maioria dos estudantes são oriundos de escolas públicas na seguinte proporção: 82,9 % de escolas públicas, 9,8 % de escolas privadas e 7,3% não responderam sobre a natureza da escola na qual cursaram o ensino médio (figura 6).

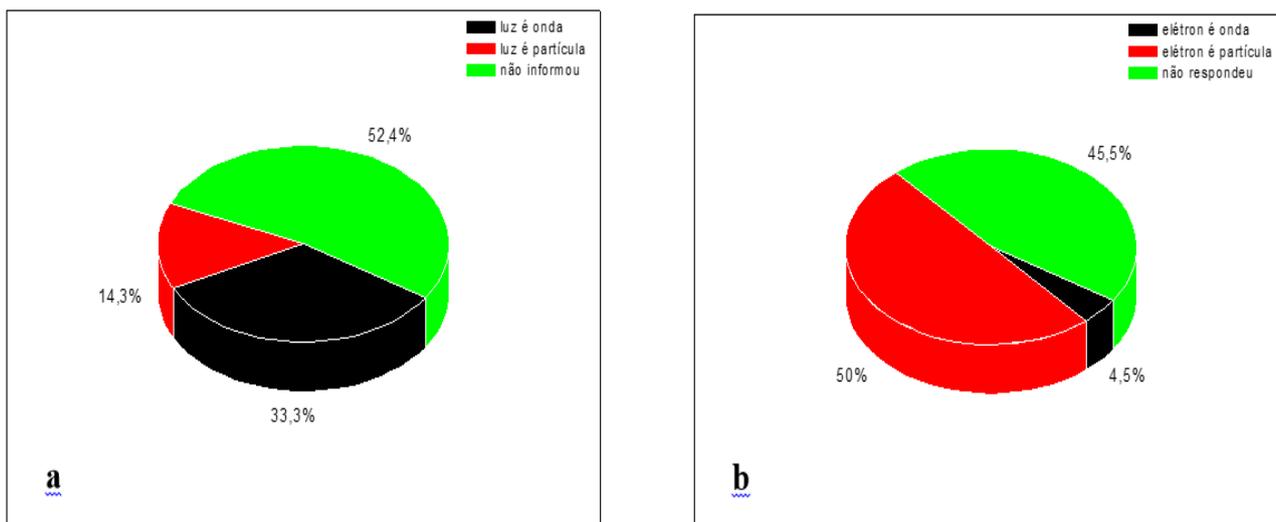


Figura 6 - Grau de escolaridade dos alunos: a) formação técnica ; b) formação universitária

3.2. Perguntas sobre formação geral dos alunos

A primeira questão desta categoria é bem objetiva e inquire o discente a respeito do que ele compreende sobre física quântica, numa perspectiva geral, que remete à alfabetização científica, cujo objetivo é a formação cidadã dos estudantes, para o domínio e uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida (Sasseron & Carvalho, 2011). Para efeito de análise estatística sobre a questão, agrupou-se as respostas em categorias a fim de se obter um panorama geral das referidas compreensões (figura 7).

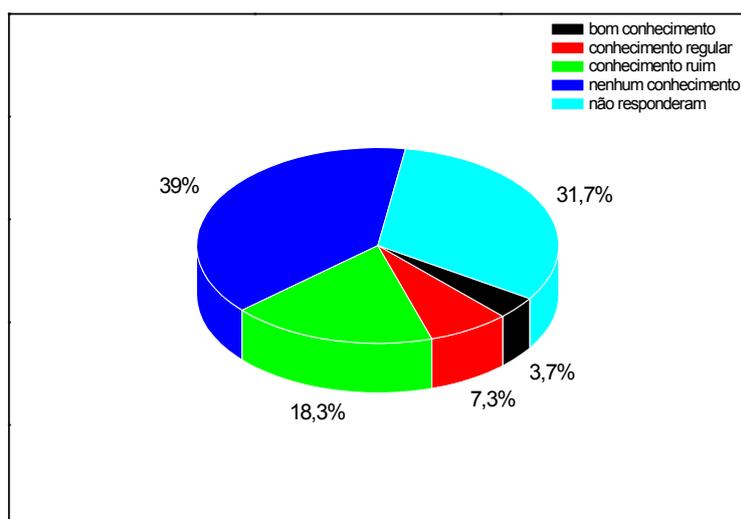


Figura 7 - Conhecimento elementar dos alunos sobre física quântica, em sua própria perspectiva.

No entanto as respostas são tão interessantes que correríamos o risco de empobrecer substancialmente este trabalho se não acrescentássemos um maior detalhamento das respostas, mesmo apenas como curiosidade, para os pesquisadores em ensino de física.

Segue então uma transcrição *ipsis litteris* de respostas observadas: “pouca coisa relativa à tempo e espaço ; muito pouco, imagino que seja ligado à ciências exatas ; apenas sobre números quânticos em química ; é o estudo dos elétrons, átomos e moléculas ; é a maneira de quantificar a matéria seja em mols, íons ou moléculas ; é o estudo das órbitas, camadas e subcamadas ; conheço apenas alguns conceitos básicos (mas não os mencionou) ; é o estudo da matéria ; é a base do estudo científico, principalmente dos conceitos de química ; é o estudo das partículas subatômicas ; é a física que quantifica dados ; não compreendo nada ; infelizmente nada ; não me recordo ; no momento quase nada ; ainda não cheguei nessa etapa ; serve só para efetuar cálculos gigantescos ; ciência que quantifica os fenômenos físicos ; só conheço um pouco ; é o estudo da física no campo da radioatividade ; é a matéria que explica o por que das fórmulas e o por que existe a física” ; entre outras.

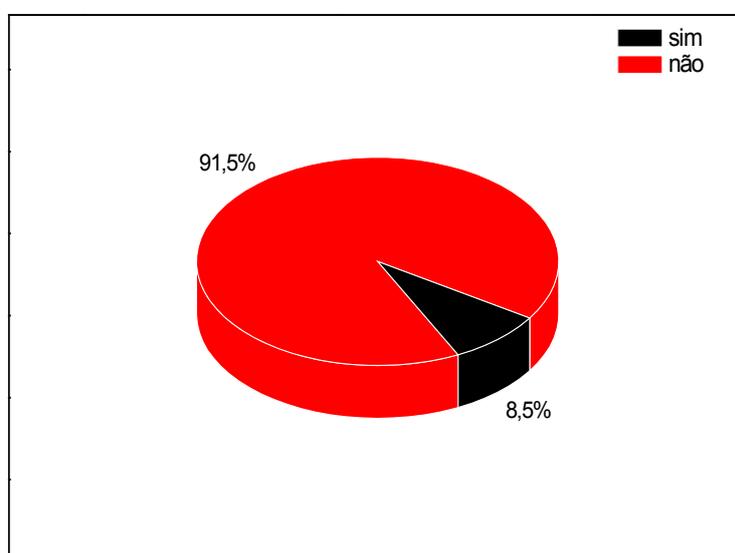


Figura 8: Alunos que estudaram algum conteúdo de física quântica no ensino médio.

Quando perguntados se já estudaram algum conteúdo de física quântica no ensino médio (figura 8), obtivemos 8,5 % de respostas afirmativas e 91,5 % de negativas. No entanto uma análise mais cautelosa dessas respostas mostra que essa proporção de respostas afirmativas pode ser ainda menor. Aqueles que responderam “sim” escreveram alguns dos seguintes exemplos: “número de mols ; sim mas não me recordo ; sem esses conhecimentos não seria possível estudar o que é melhor para os seres vivos e o que não irá afetar à eles ; números quânticos, modelos atômicos e fótons” .

Há alguma relação entre a física quântica e o estudo dos elétrons, átomos e moléculas ? (figura 9). Esta questão é central em nossa avaliação diagnóstica pois liga esta ciência à seu objeto de estudo. Embora nenhum aluno tenha assinalado “não”, a grande porcentagem de “não sei” pode configurar um quadro ainda pior, se levarmos em consideração que se trata de alunos universitários de cursos de exatas.

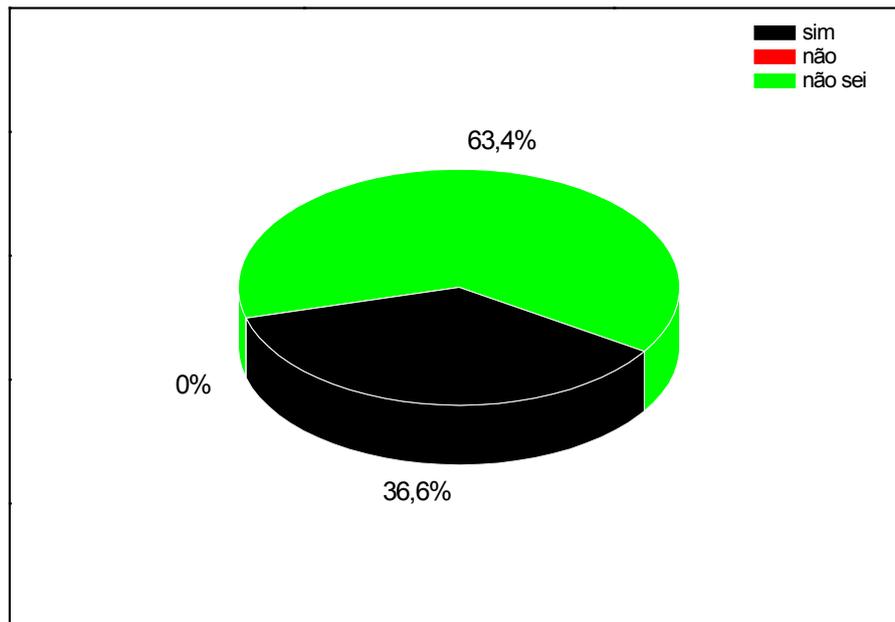


Figura 9 - Alunos que responderam sobre uma possível relação entre a física quântica e o estudo dos elétrons, átomos e moléculas.

Entre os 36,6 % que disseram “sim”, pudemos verificar respostas acertivas bem como anacronismos indesejáveis neste público: “ a lei de Avogadro (é a relação) onde quantifica o número de mols e a termodinâmica ; através da mecânica quântica se chega ao modelo que hoje é considerado aceitável para os átomos ; sim, os números quânticos, camadas e subcamadas atômicas ; a velocidade de reação numa solução ; acho que esteja associado à comprovação de teorias ; interações eletrônicas ; a física quântica tenta explicar e entender a organização e surgimento dos elétrons, átomos e moléculas ; estuda os fótons, anti-partícula do elétron (pósitron), nêutron, neutrinos e quarks ; simplesmente acredito numa relação ; sim pois a física quântica estuda o por que de tudo e como foram formadas (as coisas) ; os elétrons que são compostos de pósitrons, leptons e quarks”. Perguntados se as ciências exatas contribuem para o desenvolvimento de inovações tecnológicas e crescimento econômico, obtivemos que 93,9% respondeu “sim”, 2,4% respondeu “não” e 3,7% assinalou “não sei”. Este resultado mostra existir uma percepção dos estudantes sobre a importância das ciências exatas no contexto contemporâneo, independentemente de dominarem conceitos elementares como já vimos neste mesmo trabalho. Algumas respostas são explícitas nesse sentido: “as ciências exatas viabilizam profundamente o desenvolvimento de inovações tecnológicas ; no meu trabalho há aplicação das ciências exatas ; através da ciência, se estabelece toda a tecnologia, estando esta ligada diretamente à área de exatas ; as ciências exatas proporcionam uma visão de mundo diferenciada, cobrindo um leque de caminhos para transformações em prol do progresso das tecnologias ; grandes avanços científicos estão diretamente ligados à evolução tecnológica”.

Na figura 10a está a porcentagem de respostas para a pergunta: A luz é uma onda ou uma partícula ? A maioria dos alunos não respondeu (52,4%) se onda ou partícula mas houve diversos comentários como “ não sei” ou “ não sei do que se trata”; Para aqueles que se posicionaram, pudemos observar respostas como as seguintes: “A luz é uma onda que viaja no espaço ; Se analisa como onda mas é uma partícula devido à refração ; É uma onda pois sofre oscilações ”, entre outras.

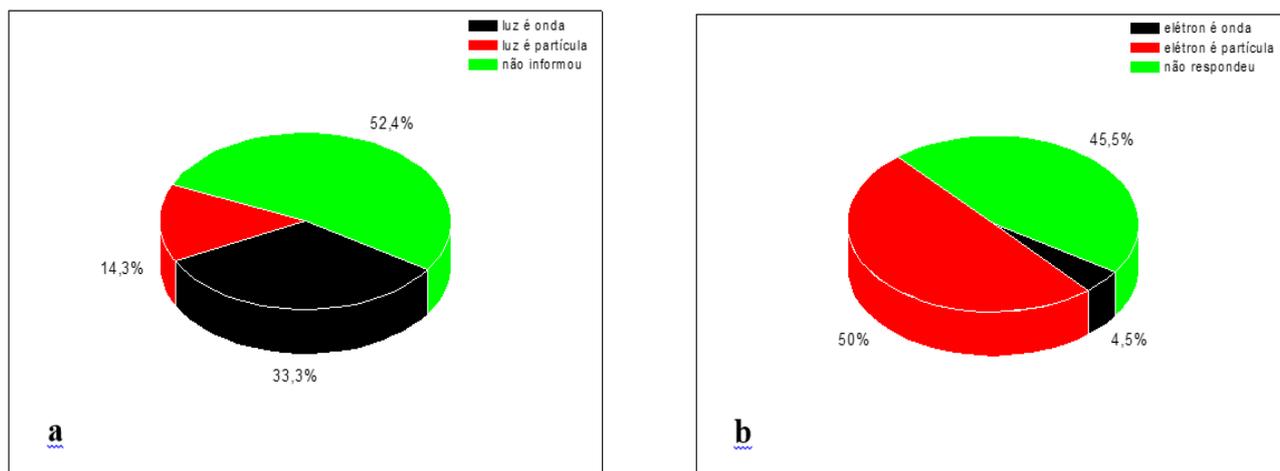


Figura 10 - Sobre as perguntas: a) A luz é uma uma onda ou uma partícula ? b) o elétron é uma onda ou uma partícula ?

Na figura 10b está a porcentagem de respostas para a pergunta: O elétron é uma onda ou uma partícula ? Também houve uma grande parcela que não respondeu. Algumas respostas sobre a natureza do elétron: “ desconheço o assunto ; é partícula devido ao modo de se interagir com o núcleo ; não é uma partícula, é a carga negativa de um átomo ; é partícula devido ao modo de se interagir com o núcleo”. Comparando os dois resultados, parece haver uma “noção” sobre a natureza da luz e do elétron, entre aqueles que efetivamente nos proporcionaram uma resposta objetiva.

3.3. Perguntas sobre conhecimentos específicos e perspectivas dos alunos

As questões de caráter específico sobre conceitos importantes no estudo da física quântica, foram organizados na tabela1, que traz uma distribuição das porcentagens e comentários dos alunos. As duas últimas perguntas da tabela refletem as perspectivas dos alunos em relação ao próprio curso.

Tabela1 - Distribuições percentuais e comentários para questões voltadas aos conhecimentos específicos de física quântica e perspectivas discentes.

Pergunta	Sim	Não	Não Respondeu	Comentários
Você conhece o fenômeno da interferência de ondas ?	31,8 %	68,2 %	-	É o estudo de velocidade e frequência.
Você acha que a física quântica tem relação com a natureza da luz ?	36,4 %	9,1 %	54,5 %	Com a física você estuda como se comporta a luz.
Você conhece o efeito fotoelétrico ?	13,6 %	86,4 %	-	Painéis solares.
Existe alguma aplicação do efeito fotoelétrico em nossa vida diária ?	18,2 %	4,5 %	77,3 %	Transformação de energia solar em elétrica.
O desenvolvimento do transistor tem alguma relação com a física quântica ?	18,2 %	18,2 %	63,6 %	Alterar a corrente.
A física quântica pode ser usada para explicar a condução elétrica nos sólidos ?	18,2 %	4,5 %	77,3 %	Em materiais de condução .
Você considera que conhecimentos sobre física quântica podem ser relevantes na sua formação profissional ?	53,8 %	26,9 %	19,3 %	Conhecimento nunca é demais ; No desenvolvimento e pesquisa de novos produtos.
Você acha que a disciplina de física quântica deve ser incluída no currículo dos cursos de engenharia e ciência da computação ?	36,4 %	59,1 %	4,5 %	Para formar profissionais mais completos ; para abranger meus conhecimentos no ramo da física.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que os alunos apresentam de um modo geral, certas lacunas em conhecimentos importantes para a compreensão e desenvolvimento de áreas que empregam diretamente os conceitos da física básica, em especial da física quântica. Há também uma dificuldade inerente com linguagem, interpretação e expressão, que não é geral na população estudada, mas é significativa. Por exemplo o uso da palavra “refrecço” no lugar da palavra “reflexo” ou confusões e dificuldades na construção de frases e exposição de idéias, que aumentaram consideravelmente o tempo de tabulação empregado nos resultados desta pesquisa. Houve também casos de ilegibilidade de respostas com inevitável perda de dados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de dados e conclusão nos deixa em posição bastante confortável para sugerir intervenções institucionais para a melhoria da base teórico-conceitual e metodológica dos alunos. Tais intervenções podem se dar por programas de iniciação científica, semanas culturais temáticas, fomento e continuidade de projetos de pesquisa, revisões curriculares de cursos de graduação, atividades culturais como visitas orientadas à museus interativos, mini-cursos específicos com material didático institucional, semanas de leituras, aula magna no início do semestre com convidados especiais que incentivem procedimentos altruístas e o amor pelo conhecimento a fim de buscar uma mudança de postura do aluno frente à instituição e à seu curso já no seu ingresso, etc. A pressão pelo aumento de vagas na educação superior, que decorre do aumento acelerado do número de egressos da educação média, já está acontecendo e tenderá a crescer. Deve-se planejar a expansão com qualidade, evitando-se o fácil caminho da massificação (Didonet, 2006).

AGRADECIMENTOS

À Funadesp e ao IPADE pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- APPOLINÁRIO, F. Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção do conhecimento científico. São Paulo: Atlas, 2004, 300p.
- DIDONET, V. Plano nacional de educação - PNE. 3 ed., Brasília: Liber Livro Editora, 2006.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas. Trad. Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1979. 928 p.
- MARKOWITZ, H.M. Trains of thought. The american economist journal of the international honor society in economics, Vol 37, No 1, Spring, p. 3-9.
- McEVOY, J.P.; ZARATE, O. Entendendo teoria quântica. Trad. Márcio Marcionillo. São Paulo: Editora Leya, 2012. 176p.
- NOBEL PRIZE. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/.../laureates/2003/ginzburg.html>. Acesso em: 29 out. 2012.
- RONAN, C.A. História ilustrada da ciência: a ciência nos séculos XIX e XX. Vol. IV. Trad. Jorge Enéas Fortes. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001.
- SANTOS, I.B.; Wilhelm Conrad Roentgen: a história do descobridor dos raios-X no centenário do grande descobrimento. São Paulo: Hamburg Gráfica Editora Ltda, 1995. 113 p.
- SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P; Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. Investigações em Ensino de Ciências, Vol. 16(1), p. 59-77, 2011.