

5 PRÁTICAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Três diferentes domínios ou noções de rede foram trabalhados nos capítulos precedentes: um campo de conhecimento, a física quântica, como promotor de pontes conceituais e práticas entre diversas áreas e contextos; a percepção das redes enquanto grafos, caracterizados pelas propriedades topológicas de seus nós e *links*; a concepção do conhecimento como feixe de relações entre os nós de uma rede de significados.

Ainda que cada um destes domínios tenha via própria de desenvolvimento e apresente potencial para se estabelecer enquanto único objeto de investigação acadêmica em educação, a opção aqui feita foi a de trabalhar suas interconexões, aspecto já ensaiado ao longo do texto, mas que será agora destacado na descrição e análise de algumas práticas na formação de professores. É, assim, como uma nova grande rede, na qual confluem as três redes anteriormente tratadas, que se propõe caracterizar o presente capítulo.

Vale esclarecer que as práticas aqui expostas não são aplicações *a posteriori* de um desenvolvimento teórico prévio ou a realização de uma intenção pedagógica absoluta. Efetivamente, a elaboração teórica foi concomitante e em parte posterior mesmo aos cursos aqui descritos, tendo tanto corroborado com a teoria quanto dela se beneficiado. Isto é especialmente pertinente para o que aqui se apresentará sobre o uso da mineração de textos na construção de nuvens de palavras e redes semânticas ou conceituais, técnicas em que se obteve razoável domínio já em meio ao afastamento concedido pelo IFSP-SP. Como se verá, tais técnicas foram utilizadas pelo pesquisador na análise de algumas produções discentes e não como instrumentos praticados pelos licenciandos.

É também oportuno resgatar o histórico descrito na introdução desta tese quanto ao fato de que a própria prática na formação de professores foi iniciada simultaneamente à aprovação neste programa de pós-graduação. Se é verdade que isto trouxe certa apreensão, necessidade de novos aprendizados e maior dosagem do tempo destinado às leituras e estudos vinculados à pesquisa acadêmica, é também verdade que possibilitou atuar na licenciatura tendo na escola básica madura experiência, fator em muito favorável ao desenvolvimento de práticas mais significativas junto aos discentes do IFSP-SP. Tal peculiaridade é aqui lembrada como forma de melhor contextualizar e coerir as diversas atividades descritas neste capítulo enquanto docente de duas disciplinas associadas ao ensino de física quântica, bem como enquanto organizador de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem.

5.1 OFICINAS DE PROJETOS DE ENSINO

Dentre o rol de disciplinas que compõem a grade curricular da Licenciatura em Física do IFSP-SP, as *Oficinas de Projeto de Ensino* oferecidas a partir do 5º semestre, visam a elaboração de iniciativas de autoria vinculadas à orientação de estágios:

As oficinas de projetos de ensino são espaços no currículo destinados às iniciativas autorais dos futuros professores nas áreas da experimentação e da inovação didática atreladas às práticas de ensino e aos estágios curriculares. A partir da definição dos seus projetos de pesquisa, elaborados em consonância com a proposta curricular proposta pelo docente responsável pela respectiva oficina, os alunos passam a receber orientação dos professores formadores (IFSP-SP, Ementa – PE4Z8²⁷, 2010).

Nessa perspectiva, das cinco aulas (de 45 minutos) semanais, duas são reservadas para orientações individuais acerca da elaboração e aplicação dos projetos de estágio, com cada aluno sendo periodicamente convocado ao longo do semestre. A grade horária semanal é elaborada de forma a incentivar que no dia da semana previsto para estas duas aulas (normalmente manhãs de segundas ou quartas-feiras), o licenciando apenas participe de disciplinas vinculadas a estágios, de forma a se organizar para ter um dia da semana integralmente vinculado ao desenvolvimento e aplicação de seu(s) projeto(s), seja para participar de sessões de orientação individual, seja para cumprir seu tempo de estágio na(s) escola(s) de ensino médio escolhida(s). Nas outras três aulas semanais, o professor do IFSP-SP responsável pela oficina oferece orientações coletivas acerca dos referenciais teóricos e metodológicos a ela inerentes, exemplifica possíveis aplicações e organiza espaços de trocas de experiência entre os licenciandos.

É dentro desse quadro geral que se inserem as *Oficinas de inserção da física quântica na escola média em rede com a física clássica e/ou outras disciplinas e áreas* (OFICINAS), por mim aplicadas ao longo de sete semestres, desde 2010 a 2013. A ideia central é que ao longo do semestre o licenciando elabore e aplique em sua regência uma sequência didática de inserção da física quântica contextualizada ao conteúdo em discussão na turma em que tal regência ocorrerá. Não há restrição quanto à série, ao bimestre, ao tipo de escola, à quantidade de horas-aulas em que se dará a regência, à quantidade de alunos nela presentes ou ao conteúdo. Há restrições, sim, quanto a projetos que não proponham conexões entre conteúdos ou áreas, apresentando a física quântica como um arquivo a mais a ser adicionado à coleção de conteúdos geralmente associados ao ensino de física.

²⁷ Os códigos das disciplinas da Licenciatura em Física do IFSP-SP explicitam a qual semestre da grade curricular ela pertence, com Z1 se referindo ao 1º semestre, Z2 ao 2º semestre e assim por diante.

Uma das primeiras tensões provocadas por essa proposta é a busca pelo licenciando de um professor de física de uma escola de ensino médio que concorde em supervisionar tal tipo de estágio. Não são raros os licenciandos que relatam insucesso em suas solicitações de estágio ao expor o propósito das OFICINAS. Em sua maior parte, as justificativas apontadas pelos professores giram em torno de eventuais atrasos no planejamento que a regência poderia causar. Pelos relatos dos licenciandos, no entanto, percebe-se que muitas vezes tal justificativa esconde inseguranças do professor quanto à ideia da inserção da física quântica, seja por duvidar da qualidade do trabalho que o licenciando possa realizar, por recear que após a regência os alunos queiram continuar a discussão de algo para ele desconhecido ou mesmo por considerar que os alunos não tenham maturidade para o aprendizado do assunto.

Encontrado o professor que aceite a aplicação da regência, nem sempre está sinalizada uma via tranquila para o licenciando, haja vista que o aceite de alguns professores se baseia muito mais em considerar a ação do licenciando como algo completamente à parte de seus cursos, sem se disporem a qualquer interação que vise a construção conjunta de uma regência articulada com os planejamentos previamente elaborados. Além disso, são muitas as variáveis em jogo ao longo de um semestre escolar, sendo frequente ocorrer quebra nos combinados quanto ao número de aulas disponíveis para aplicação da regência, obrigando o licenciando a ajustes de última hora em seu próprio plano de trabalho.

A reflexão sobre esta tensão quanto à relação com o professor supervisor de estágio foi fator chave no amadurecimento das OFICINAS no sentido de instigar o desenvolvimento de projetos que transcendessem em larga escala a aplicação da regência na escola média. Embora as regências continuassem sendo o ponto culminante das OFICINAS, a preocupação para com a aferição do aprendizado dos alunos como resultado de suas aplicações foi amenizada. Ampliou-se, em compensação, a atenção para com o desenvolvimento das pesquisas e aprendizados do próprio licenciando que lhe proporcionassem ganhos em sua visão do conhecimento como rede de significados.

Embora esta alteração tenha se dado progressivamente ao longo dos sete semestres de aplicação das OFICINAS, é no desenvolvimento das atividades dos três últimos semestres que ela se fez mais nítida, razão pela qual na análise a seguir as OFICINAS destes três semestres se apresentarão agrupadas em um conjunto subsequente ao conjunto formado pelas primeiras OFICINAS. Não por acaso, estes agrupamentos correspondem ao período anterior e posterior de minha participação no XIV EPEF e da realização da qualificação do doutoramento vinculado a esta tese, eventos anunciados no capítulo introdutório como

inspiradores de importantes aprofundamentos teóricos e da melhor delimitação da pesquisa, que passou a focar a física quântica e não todo o universo da física moderna e contemporânea.

5.1.1 OFICINAS – Fase I

A primeira versão das OFICINAS (OFICINAS_V1) foi aplicada no 1º semestre de 2010 como *Oficinas de Projetos de Ensino 1* (PE1Z5), vinculada, assim, aos componentes curriculares sugeridos para os licenciandos do 5º semestre. Tratava-se de uma estreia tanto para mim, recém-ingressante no IFSP-SP e apreensivo com os desafios de lidar com um curso de nível superior, como para os alunos que, em sua maioria, teriam sua primeira experiência com estágios e com o próprio aprendizado da física moderna e contemporânea²⁸. Diante desta conjuntura, foi muito positivo o fato dos 10 alunos efetivamente participantes²⁹ do curso terem aceitado com disposição o desafio proposto pela oficina e conseguido desenvolver e aplicar em suas regências projetos de inserção da física moderna e contemporânea vinculados a outros conteúdos. Trataram-se, no entanto, de inserções muito pontuais e frágeis, ainda distantes da ideia do estabelecimento de redes de conteúdos.

No 2º semestre de 2010, a segunda versão das OFICINAS, (OFICINAS_V2), desenvolveu-se como *Oficinas de Projetos de Ensino 4* (PE4Z8), com boa parte dos alunos encaminhando-se para o fechamento do curso. A diversificação encontrada nas séries de aplicação, abordagens e interligações com outros conteúdos e áreas que caracterizaram os projetos elaborados pelos 25 licenciandos que participaram da disciplina pode ser percebida

²⁸ É justamente a partir do 5º semestre que disciplinas diretamente associadas à física moderna e contemporânea são previstas na grade curricular do IFSP-SP, com os seguintes focos de estudo:

FMOZ5 (Introdução à Física Moderna): teorias da relatividade.

ESMZ5 (Estrutura da Matéria): efeito fotoelétrico, radiações ionizantes, átomo de Bohr, dualidade onda-partícula

FAMZ6 (Física Atômica e Molecular): equação de Schroedinger, quantização do momento angular e da energia do átomo de hidrogênio, conceito de spin o elétron, princípio da exclusão e a tabela periódica dos elementos, efeito Zeeman, física estatística quântica e as distribuições de Bose-Einstein e Fermi-Dirac, ligações moleculares (iônica, covalente e híbridas) e espectros de emissão e absorção.

FNPZ7 (Física Nuclear e de Partículas): propriedades do núcleo atômico, energia de ligação, reações nucleares, radioatividade, conversão de massa em energia, processos de fissão, fusão e reator nucleares, usos e efeitos biológicos da radiação, classificação e propriedades das partículas elementares, Modelo Padrão, teoria do Big Bang.

FESZ7 (Física do Estado Sólido): condução elétrica nos materiais, teorias de bandas, emissão de fótons, foto-condução, diodos, transistores e componentes eletrônicos em geral.

ASTZ8 (Astronomia): vida e morte das estrelas e modelos cosmológicos (além de uma ampla discussão sobre diversos fenômenos astronômicos não usualmente classificados como FMC).

²⁹ Vale informar que é alta a taxa de evasão no conjunto das disciplinas do curso, sendo raros os casos de identificação entre o número de matriculados o número de efetivos participantes.

pelo quadro 7 contido em trabalho apresentado no XIII EPEF (CANATO JR., 2011), ainda contextualizado pela identificação daquelas duas redes de significações citadas no capítulo introdutório: uma diretamente estabelecida entre conteúdos típicos das ciências naturais e outra indiretamente promovida pelas tecnologias que interligam as ciências naturais com outras áreas do conhecimento (ver figura 1A, página 13).

Quadro 7 - Projetos desenvolvidos na OFICINAS_V2 (2º semestre de 2010), com a simbologia P1, P2, etc, indicativa da identificação dos 25 projetos, alguns dos quais aplicados em duas ou mais séries da EM.

Seriação	Redes	Agrupamentos de abordagens e temas utilizados	Projetos
1 EM	Conteúdos	Comparações entre a relatividade de Newton e Einstein; o conceito de força e as quatro forças fundamentais; brilhos/cores de estrelas, fusão nuclear e espectros ópticos dos elementos químicos (EO); o conceito de energia e o uso da energia nuclear (EN).	P1, P5, P9, P11, P22, P24
	Tecnologias	Relações entre a Teoria da Relatividade (TR) e as Artes (EM e EJA).	P13 e P15
2 EM	Conteúdos	Luz, cor e os EO; ondas, música e a interpretação ondulatória da matéria; luz, efeito fotoelétrico (EF) e dualidade onda partícula; o conceito de energia e o uso da EN.	P5, P6, P7, P12, P17, P19, P23
	Tecnologias	Física na medicina (raios X, radiações em geral, radioatividade, diagnósticos/terapias de tumores).	P2, P10, P20, P25
3 EM	Conteúdos	A TR e suas implicações na detecção de partículas cósmicas; as estrelas e a relação entre seus brilhos e cores com os EO; o conceito de energia e o uso da EN; luz, EF e suas implicações no funcionamento de aparelhos de uso cotidiano;	P3, P5, P8, P14, P16, P21
	Tecnologias	Física na medicina (diagnósticos e tratamentos por radiação); a presença da FMC nas diferentes mídias (jornais, revistas, filmes, poemas) (EM e EJA).	P4, P10, P13, P18

Foi também com uma turma de *Oficinas de Projetos de Ensino 4* que se trabalhou no 1º semestre de 2011 na terceira versão das OFICINAS, (OFICINAS_V3). Nessa oportunidade foram 11 os licenciandos participantes que apresentaram os projetos de temáticas descritas no quadro 8. Semelhante ao verificado com a turma anterior, tais projetos apresentaram diversidade nas abordagens e interligações com outros conteúdos e áreas. Quanto às séries de aplicação, houve preponderância para o trabalho com alunos do terceiro ano de escolas públicas estaduais. Vale registrar, no entanto, que por se tratar do 1º semestre do ano letivo, essa preponderância não reflete qualquer tendência à concepção de que a física moderna e contemporânea somente deva ser ensinada após o aprendizado da física clássica. Mesmo ao trabalharem com professores adeptos da *Proposta Curricular do Estado de SP* (SÃO PAULO, 2008), os licenciandos precisaram negociar o recorte que seria feito no planejamento escolar original a fim de inserir o tema proposto, haja vista que naquela proposta a abordagem da física moderna e contemporânea é prevista apenas no 2º semestre.

Quadro 8 – Temáticas dos projetos trabalhados na OFICINAS_V3 - 1º semestre de 2011

Projeto	Seriação	Tema
P1	3	O laser e suas aplicações nos diversos ramos da ciência e tecnologia.
P2	3	Efeito Doppler relativístico e suas conexões com a história, filosofia e astronomia.
P3	3	Energia Nuclear interligando física, química, biologia, história, geografia, geopolítica, medicina e meio ambiente.
P4	2	Vida e morte das estrelas, com construção e uso de espectroscópio e discussão acerca de outros instrumentos ópticos utilizados em astronomia, como telescópios e lunetas.
P5	3	Da origem da ideia atômica às bombas nucleares.
P6	3	Luz, Energia e Tecnologia.
P7	3	A partir do questionamento científico da visão de raios X do Super-Homem, apresentar o funcionamento da visão humana e as radiações do espectro eletromagnético.
P8	2	A partir de um histórico da evolução dos meios de informação e comunicação, desvendar a física da emissão de informações por um controle remoto e sua recepção por um aparelho de TV.
P9	3 (EJA)	Análise da possibilidade de vida em outros locais do Universo.
P10	2	A Física Nuclear nas Artes, na Alimentação, na Medicina e na Arqueologia.
P11	3	Circuitos elétricos e modelos atômicos.

Quanto às dificuldades nas elaborações e aplicações dos projetos também se manifestaram semelhanças com o histórico da turma anterior, com o conjunto dos licenciandos participantes da disciplina encarando a proposta de “tecer a teia com a física moderna e contemporânea” como um instigante desafio a ser vencido, haja vista o autorreconhecimento de lacunas em suas formações quanto ao estabelecimento de conexões até mesmo entre distintos conteúdos de física.

A 4ª versão das OFICINAS (OFICINAS_V4) no 2º semestre de 2011 foi atípica, inserida em um conflituoso contexto de um longo movimento paredista dos professores do IFSP-SP, resultando em um desgastante processo de reposição de aulas que comprimiu em dois meses as aulas previstas para todo o semestre. Em sua primeira versão como *Oficinas de projetos de Ensino 3* (PE3Z7), as OFICINAS não puderam, assim, contar com a aplicação das regências vinculadas aos projetos elaborados pelos 13 licenciandos participantes da disciplina e mesmo a elaboração desses projetos foi prejudicada pelo pouco tempo de reflexão por parte do licenciando e do orientador, resultando na apresentação de trabalhos pouco amadurecidos.

Com certa oscilação quanto à qualidade das atividades desenvolvidas, a primeira fase das OFICINAS contou, assim, com a elaboração de 59 projetos, 46 dos quais vinculados a regências exercidas majoritariamente em escolas públicas estaduais e com boa distribuição nas três séries do ensino médio e nos temas de física moderna e contemporânea escolhidos como núcleo para o estabelecimento de conexões com outros conteúdos e áreas.

Todos os projetos se formalizaram mediante a elaboração pelo licenciando de um documento oficialmente denominado de ANEXO 4, doravante chamado PROJETO,

componente obrigatório para validação de estágios integrantes da Licenciatura em Física do IFSP-SP. De um modo geral, a orientação para elaboração desse documento no contexto destas primeiras OFICINAS visava três aspectos: (a) caracterização do contexto escolar de realização do estágio, (descrição e análise das ações didático-pedagógicas do professor supervisor do estágio e de seu planejamento, das características dos alunos da escola e da infraestrutura da escola e de seu entorno, etc.); (b) apresentação e justificativa, com base em referências bibliográficas adequadas e ao contexto escolar analisado, da sequência didática de inserção da física moderna e contemporânea a ser aplicada na futura regência, preferencialmente contendo previsões de avaliações diagnósticas prévias e posteriores a essa regência; (c) descrição e análise da regência realizada e da correspondente versão das OFICINAS.

As aulas por mim ministradas ao longo das primeiras versões das OFICINAS seguiram geralmente o roteiro de (a) iniciar com uma avaliação diagnóstica por meio do passatempo de palavras cruzadas exposto no capítulo anterior, (b) apresentar pressupostos teóricos (trabalho por mim apresentado ao VII ENPEC, excertos dos PCN e outros documentos educacionais oficiais, além de excertos de minha dissertação de mestrado), (c) exemplificar possíveis regências da inserção em rede da física quântica na escola média (tais como as sequências didáticas descritas no item 4.4 deste texto), (d) coordenar discussões coletivas sobre a elaboração dos projetos por parte dos licenciandos, (e) coordenar a apresentação de seminários de apresentação de cada projeto ou sua exposição no ambiente virtual *fisicaemrede.com*, (f) orientar o desenvolvimento de cada projeto e da elaboração dos PROJETOS nas sessões de orientação individual.

Dentro desse quadro geral e apesar do prejuízo quanto à elaboração e aplicação dos projetos, o desenvolvimento da OFICINAS_V4 contou com atividades diferenciadas, já sugestivas de um percurso mais reflexivo e direcionado aos objetivos da investigação associada ao presente texto. Exemplo disso é a orientação para inclusão no PROJETO de investigações acerca da contradição entre a marcante presença da física moderna e contemporânea na vivência da comunidade escolar e de seu entorno *versus* sua ausência ou tímida presença no currículo da escola e no material didático disponibilizado aos alunos. Ainda que já implicitamente presente nas OFICINAS anteriores, era a primeira vez que tal orientação se fazia explícita.

Foi também na OFICINAS_V4 que se intensificou o uso do ambiente virtual *fisicaemrede.com*, seja como repositório e registro dos textos e atividades desenvolvidos ao longo do curso, seja como formulação de atividades de reflexão visando enriquecer a

compreensão dos licenciandos quanto à problemática em jogo nas OFICINAS. Exemplo disso é a atividade “*Investigando a inserção da teoria quântica no cotidiano da vida moderna*”, em que tendo por base aquele texto do início do dia de trabalho de uma secretária de *telemarketing* (ver página 38), se solicita a elaboração de textos reflexivos a partir das questões apresentadas no quadro 9.

Quadro 9 – Questões-problema componentes da atividade “*Investigando a inserção da teoria quântica no cotidiano da vida moderna*” em que se orientou a elaboração de textos reflexivos por parte dos licenciandos participantes da OFICINAS_V4.

- | |
|--|
| <p>(a) A exemplo do relato de atividades descritas no texto (1), indique equipamentos e sistemas com os quais você se depara em um dia típico de sua vida, cuja concepção e operação dependam de conhecimentos físicos;</p> <p>(b) Classifique os objetos/aparelhos citados no texto de abertura desta atividade e em sua resposta anterior como vinculados ao contexto da física clássica ou ao contexto da teoria quântica;</p> <p>(c) Para cada um desses sistemas, situe a década, se recente, ou o período histórico, se antigo, no qual suas primeiras versões foram concebidas (por exemplo, as dobradiças existem há milênios, mas os lasers, só há décadas);</p> <p>(d) Escolha três objetos/aparelhos por você classificados como vinculados ao contexto da teoria quântica e outros três que você tenha vinculado ao contexto da física clássica para explicar seus funcionamentos.</p> |
|--|

(1) O texto em questão é o apresentado à página 38, referente ao fictício início de um dia de trabalho de uma secretária de *telemarketing*.

Após postagem de respostas individuais seguidas de críticas e réplicas internas a grupos automaticamente montados pelo ambiente virtual, fez-se discussão coletiva presencial do conjunto das respostas, ação que contextualizou nova atividade intitulada “*Ritmo e consequências da inserção da teoria quântica no cotidiano da vida moderna*” com a solicitação das respostas contidas no quadro 10. Mostra da rica discussão suscitada por tais questões pode ser observada no APÊNDICE B.

Quadro 10 – Questões-problema componentes da atividade “*Ritmo e consequências da inserção da teoria quântica no cotidiano da vida moderna*”, conforme apresentadas aos licenciandos participantes da OFICINAS_V4.

- | |
|--|
| <p>(a) A vida moderna é impregnada de elementos tecnológicos, sendo a alfabetização científica e tecnológica quase tão imprescindível quanto a alfabetização vinculada ao letramento;</p> <p>(b) Diversos objetos/aparelhos de uso cotidiano são complexos, com seu funcionamento vinculado a ambos os contextos clássico e quântico;</p> <p>(c) O desenvolvimento da teoria quântica tem proporcionado uma aceleração do uso tecnológico em nosso cotidiano qualitativamente superior a qualquer outra época da história humana;</p> <p>(d) Apesar de intimamente impregnados em nosso cotidiano e contexto social, esses “objetos/aparelhos quânticos” apresentam grande opacidade conceitual, sendo poucos os professores de física, mesmo universitários, que saberiam, por exemplo, apontar a função dos diversos elementos que compõem um aparelho de telefonia celular ou um aparelho de CD. No entanto, há cerca de uma década, ainda era comum no Brasil o uso de aparelhos de telefone em que os transdutores podiam ser retirados com facilidade e, eventualmente, reparados de alguma avaria. A mesma comparação pode ser feita entre uma máquina de escrever e o teclado dos computadores ou entre um antigo rádio a válvulas e os modernos aparelhos de som, com seus vários circuitos integrados.</p> |
|--|

5.1.2 OFICINAS – Fase II

A quinta versão das OFICINAS (OFICINAS_V5) foi marcada por considerável remodelação no curso, a começar por utilizar as questões reflexivas descritas no item anterior como parte de uma avaliação diagnóstica (APÊNDICE C) aplicada na primeira semana de aula da OFICINAS_V5. Há aqui uma dupla intenção: permitir ao pesquisador confrontar as opiniões dos licenciandos antes e depois do curso (com aplicação de questões idênticas ou similares ao final do semestre) e abrir logo o jogo com o aluno, apresentando-lhe as ideias e polêmicas centrais que nortearão as discussões ao longo do semestre.

Percepção de incongruências nas respostas postadas acarretou a elaboração da estratégia apresentada no quadro 11, aplicada na 2ª semana do curso, visando melhor diagnosticar possíveis discordâncias dos licenciandos frente à não necessidade de aplicação da tradicional linearidade no ensino de física na escola média, além de realizar a primeira aproximação ao tema central do curso.

Quadro 11 – Sequência de procedimentos desenvolvidos na OFICINAS_V5 após percepção de incongruências nas respostas apresentadas pelos licenciandos à avaliação diagnóstica aplicada na primeira semana do curso.

- (a) Abertura da aula com reflexões individuais e coletivas com base na pergunta problema “*Para que ensinar física na escola média?*”;
- (b) Apresentação de trechos de documentos educacionais oficiais (PCN, PCN+ e *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*) que abordam direta ou indiretamente a questão;
- (c) Leitura conjunta daquele relato fictício do início de um dia de trabalho de uma secretária de telemarketing (ver página 38), e reflexão sobre a que campos da física (mecânica, termodinâmica, ...) correspondem cada objeto citado, chegando-se à percepção de que todos esses campos estão presentes ao mesmo tempo em nosso cotidiano, sem obedecer qualquer sequência hierárquica de pré-requisitos de conhecimento;
- (d) Reflexão sobre a classificação de cada objeto como pertencente ao domínio de conhecimento clássico ou quântico, chegando-se à percepção de que a impregnação da microeletrônica no cotidiano da vida moderna tem tornado mais complexa essa questão com diversos objetos pertencendo simultaneamente a esses dois domínios de conhecimento;
- (e) Inserção de nova pergunta problema para reflexão individual e coletiva: “*Como introduzir a física quântica na escola média?*”
- (f) Apresentação de referências que apontam alternativas ao caminho de inserções da física quântica restritas ao final do 3º ano do ensino médio e que indicam a necessidade de se desenvolver uma reformulação no tradicional currículo de física comumente praticado, tais como o desenvolvimento de competências e habilidades defendido nos PCNs, os temas estruturadores sugeridos nos PCN+, a exemplificação de uma possível abordagem para o tema *Matéria e Radiação* exposto nas *Orientações Curriculares para o Ensino Médio* (BRASIL, 2006) as inserções de física quântica que constam do material didático elaborado pelo *Grupo de Reelaboração do Ensino de Física* (GREF, 1998), os módulos de física apresentados na *Coleção Projeto Escola e Cidadania* (SILVA, 2000), a estrutura dos três volumes da *Coleção Quanta Física* (MENEZES et al., 2010) e o trabalho apresentado ao VII ENPEC (CANATO JR., 2009).

O próximo passo dado foi apresentar, na terceira semana do curso, alguns projetos elaborados e aplicados por licenciandos participantes de outras versões das OFICINAS, elencando um deles (*A visão de Raio-X do Super Homem*, apresentada na OFICINAS_V3) para realizar, já na quarta semana do curso, uma análise mais detalhista de suas limitações e possibilidades de reformulação visando maior enredamento interno à física bem como desta para com outras áreas de conhecimento.

Também como parte da quarta semana iniciou-se na OFICINAS_V5 um processo de ensino-aprendizado do uso do *fisicaemrede.com* no sentido de proporcionar ao licenciando noções básicas de como configurar seu próprio curso *Moodle*, em caso de sentir a necessidade de utilizar este recurso durante a aplicação do projeto junto aos alunos da escola média em que seu estágio se realizava. Além disso, como atividade referente à primeira parte do PROJETO, orientou-se a elaboração de um texto, mais tarde apelidado de “*respirando quântica*”, acerca da presença da física quântica no contexto da unidade escolar de cada estágio:

Após algumas ambientações quanto à temática de PE3, é hora de iniciarmos o desenvolvimento da tarefa central do curso, ou seja, elaborar, aplicar e analisar, em qualquer série do Ensino Médio, uma sequência didática de inserção da Física Quântica de maneira integradora a outros campos da Física e a outras áreas de conhecimento, desafio pautado pela ideia da atuação da Física Quântica como promotora do estabelecimento de redes de conhecimento.

Como primeiro passo nesse caminho, a exemplo da atividade desenvolvida na aula de 13/03/2012), orienta-se a investigação da presença da Física Quântica na vivência dos participantes (alunos, professores, funcionários, orientadores e diretores, comunidade escolar em geral) do espaço escolar em que se realizará o estágio.

Cada estagiário deve, assim, desenvolver procedimentos à sua escolha (registros de observações, entrevistas, filmagens, fotos, etc) que possibilitem a materialização dessa investigação na elaboração de um texto que comporá a primeira parte do ANEXO 4 [PROJETO], a ser entregue até 10/04/2012 por postagem de arquivo Word “.doc” neste espaço (OFICINAS_V5 – Notas de aula).

Na sequência, apresentou-se, na quinta semana do curso, a sequência didática *Ondas, música e quântica* (APÊNDICE A.1), solicitando-se, em seu final, que os licenciandos refletissem acerca do seguinte desafio: imaginando tal sequência como uma aula inaugural do 1º ano do ensino médio, supondo total liberdade em sua cátedra e sendo ele o único professor de física que teriam os alunos até a conclusão do ensino básico, de que forma ele organizaria o currículo de física ao longo das três séries do ensino médio? O resultado foi um debate, já adentrando na sexta semana, pautado por duas visões antagônicas, uma marcada pela necessidade de pré-requisitos (óptica geométrica antes de óptica física, eletrostática antes de eletrodinâmica, mecânica antes de qualquer outro campo da física, apresentação de conceitos

antes da discussão fenomenológica) e outra marcada por sempre procurar iniciar a discussão pela fenomenologia, ficando em segundo plano o ordenamento do conteúdo (funcionamento de radares e GPS como continuidade à sequência *Ondas, música e quântica*, experimentos e demonstrações com espelhos, lentes e *lasers* antes da apresentação de conceitos da óptica geométrica ou física).

Na mesma semana iniciou-se a discussão coletiva das ideias de projetos formuladas pelos licenciandos. Em uma primeira etapa, que se estendeu por mais duas semanas de aula, adotou-se a estratégia de fomentar o desenvolvimento das mais amplas percepções de conexões entre os campos da física e destes para com outras áreas de conhecimento possibilitadas pelo tema escolhido pelo licenciando para, em seguida, já como parte da nona semana de aula, elaborar recortes dessa percepção geral visando a regência concretamente a ser aplicada em cada estágio. Feita a discussão, apresentou-se a seguinte orientação para a formulação da segunda parte do PROJETO:

Conforme discutido em aula de 24/04/2012, cada estagiário deve postar até 07/05/2012, arquivo em formato Word, ".doc", relativo à 2ª parte do ANEXO 4 [PROJETO], contendo:

- Apresentação da temática escolhida para o estágio da forma a mais ampla possível, de maneira a possibilitar a escolha de diversos recortes ou sequências didáticas. Ainda que seja recomendável a elaboração de esquemas/mapas conceituais, sua apresentação não elimina a necessidade da redação de descrições e argumentações que expliquem e justifiquem as conexões indicadas.
- Apresentação do recorte escolhido dessa temática para aplicação concreta em regência a ser exercida na escola em que se realiza o estágio. Novamente, vale a observação da necessidade em se regidir um texto que descreva, explique e justifique a opção indicada, preferencialmente acompanhado de esquemas/mapas conceituais.
- Apresentação "aula a aula" da sequência didática planejada e acordada com o professor supervisor do estágio, incluindo avaliações diagnósticas antes e pós regência. (OFICINAS_V5 – Notas de aula).

Ainda que nas demais dez semanas do curso o pesquisador tenha elaborado e aplicado novas atividades relativas à temática geral das OFICINAS, a pauta central do restante do curso foi o trabalho com os temas e sequências didáticas relativas aos projetos elaborados pelos estagiários, com o pesquisador atuando como fomentador de seus aprofundamentos e extensões. Como atividade final do curso, foi solicitada a junção em um único documento dos textos anteriormente entregues, bem como da descrição e análise da regência realizada:

Espaço para envio de arquivo Word (.doc) referente à versão completa do Anexo 4 [PROJETO], com a incorporação contextualizada da descrição e análise da aplicação de seu projeto aos itens anteriormente já trabalhados. Por incorporação contextualizada entenda-se que não se trata de uma mera junção de três itens, mas sim, de um novo documento, coeso, em que cada parte dialoga com o conjunto do texto e pelo qual você demonstra conhecimento de algumas referências

bibliográficas referente à temática de nosso curso e de seu projeto. (OFICINAS_V5 – Notas de aula).

Sempre contando com incorporações de novos aportes teóricos e atividades, as duas últimas versões das OFICINAS transcorreram de maneira similar a essa sequência aplicada na OFICINAS_V5, justificando seu agrupamento como uma fase diferenciada do ocorrido nos semestres anteriores. Em síntese, todos os 34 projetos apresentados nesta segunda fase (5 na OFICINAS_V5, 18 na OFICINAS_V6 e 11 na OFICINAS_V7), todos no contexto da disciplina *Oficinas de Projetos de Ensino 3* (PE3Z7), foram construídos em base à reflexão da elaboração de textos que se unificavam na entrega completa do PROJETO ao final do curso contendo essencialmente (a) análise da presença da física quântica no contexto escolar, (b) apresentação da temática escolhida da forma mais ampla possível, de maneira a possibilitar a escolha de diversos recortes ou sequências didáticas (redes conceituais), (c) apresentação do recorte escolhido para aplicação concreta na futura regência, (d) apresentação aula a aula da sequência didática planejada, (e) descrição e análise da regência e (e) análise crítica do curso de PE3.

Por representarem o objetivo central das OFICINAS, serem atividades desafiantes e decisivas para o conjunto do curso e bem ecoarem as ideias defendidas no presente trabalho, os dois primeiros itens acima indicados constituem-se como essenciais objetos de análise a serem contemplados na sequência do texto que toma como amostra os trabalhos desenvolvidos pelos participantes da OFICINAS_V7.

5.1.2.1 Respirando quântica

A fim de melhor representar a ideia quanto à tarefa de se reconhecer de forma a mais ampla possível a presença da física quântica nos contextos escolares das escolas em que se realizavam os estágios, formulou-se a metáfora do desejo de se “respirar quântica” conforme se procedesse à leitura das narrativas elaboradas pelos licenciandos.

Três fragilidades centrais foram notadas no desenrolar desta atividade, uma quanto à habilidade dos licenciandos na elaboração de textos completos e coesos, outra quanto às suas percepções da presença de elementos da física teórica, especialmente da física quântica, nos objetos e ações cotidianas e outra referente às suas incompreensões ou mesmo desconhecimentos de diversos elementos teóricos da física. Vale anotar que o perfil de parte, talvez de larga maioria, dos licenciandos do IFSP-SP é o de apresentarem deficiências em suas formações na escola básica e de serem trabalhadores de ramos industriais, comerciais ou

de serviços públicos que veem na carreira do magistério nova perspectiva profissional. Não é raro, por exemplo, deparar-se com a nítida luta contra o sono nas aulas do período matutino manifestada por licenciandos que vararam a noite em seus plantões nas companhias de transporte metropolitano.

Com tais dificuldades em pauta, várias estratégias foram elaboradas para possibilitar maior desenvoltura na confecção dos textos que passaram a ser apelidados de “*respirando quântica*”: exercícios individuais e coletivos para identificação da presença da física quântica no contexto do IFSP-SP ou nas vidas dos próprios licenciandos, escrita coletiva de narrativas referentes a essas identificações, além das devolutivas comentadas dos textos originalmente elaborados visando sua entrega definitiva ao final do curso.

A variedade quanto à qualidade, extensão, aprofundamento e estilo dos textos elaborados para esta primeira parte do PROJETO pelos licenciandos participantes da segunda fase das OFICINAS pode ser analisada por acesso ao ambiente virtual *fisicaemrede.com*³⁰. A título de exemplo dessa variedade, o texto apresentado no capítulo anterior descrevendo o início de um dia da vida do fictício menino Lucas (apresentado à página 109) pode ser confrontado com o estilo não ficcional apresentado no seguinte texto em que o autor procurou abranger o conjunto da escola, cujo esquema com realce aos aspectos quânticos nele identificados pode ser observado na figura 49:

Quando chego ao portão da escola onde faço o meu estágio de PE3 por volta das 7 horas da manhã, preciso tocar um interfone que quando tem seu botão pressionado emite um pulso elétrico através de um fio condutor chegando até a secretaria e aciona uma campainha vibratória e emite uma onda sonora chegando aos ouvidos de quem estiver por lá e respondendo ao meu chamado. Logo após me identificar, sou autorizado a entrar na escola por uma entrada que me coloca numa espécie de hall de espera bem iluminado por lâmpadas fluorescentes contendo gases ionizados que, quando submetidos a uma diferença de potencial bem definida irradiam ondas eletromagnéticas com comprimento de onda na faixa do espectro visível. Essas ondas eletromagnéticas são resultado do movimento de pequenas partículas sem massa denominadas fótons que ao se moverem criam um fluxo de campo elétrico ao seu redor e quando esse fluxo varia cria outro fluxo de campo magnético perpendicular ao fluxo de campo elétrico. Nesse local também se encontra uma câmera de vigilância, essa câmera capta os raios de luz refletidos por mim e incidem no visor, os fótons incidentes colidem com os elétrons do material do visor que ficam excitados e, quando voltam ao normal liberam os fótons com um pequeno desvio seguindo em direção a uma placa receptora transmitindo-os através de um cabo condutor até um computador que converte esses fótons em imagens.

A partir desse local é possível entrar na secretaria que contém diversos computadores com placas feitas de material semicondutor do tipo silício e/ou germânio com diversos componentes sms, transistores, diodos, resistores e capacitores funcionando graças aos movimentos ordenados de elétrons livres nas camadas de valência de diversos átomos. No computador também se encontra o

³⁰ O conjunto dos textos elaborados nestas investigações podem ser lidos em <<http://fisicaemrede.com/course/view.php?id=12&topic=1>> (Acesso em 31. Mar. 2014).

disco rígido armazenando todos os dados do computador em discos de metal que são mantidos a vácuo numa espécie de sistema adiabático para não sofrer influências do meio externo e corromper os dados contidos em seu interior por meio de radiações eletromagnéticas. Além disso, esses computadores estão conectados em rede por cabos específicos que permite aos computadores se comunicarem simultaneamente com qualquer outro computador do mundo através da tecnologia da internet enviando dados em tempo real através de cabos de fibra ótica e modems wi-fi. Saindo da secretaria eu me encontro em um corredor amplo com acesso as salas de aula e à sala da diretoria. Na sala do diretor se encontra um aparelho de som com um display de cristal líquido que organiza os átomos em seu interior de uma forma geométrica bem definida por meio de suas ligações moleculares, há também um aparelho de DVD que lê os arquivos contidos num disco através de comprimentos de ondas e frequências específicas que são convertidos em imagens.

Logo ao lado da sala do diretor há uma sala de vídeo que é utilizada para exibir vídeos e documentários para os alunos em aulas diferenciadas. Para isso, o professor utiliza um computador e um aparelho de data show projetor de imagens do leitor de DVD em um telão preso na parede da sala. Ainda neste corredor, há uma pequena cozinha contendo um forno micro-ondas, quando esse forno é ligado aquece os alimentos através de uma radiação eletromagnética de frequência relativamente baixa se comparado a radiações do espectro visível e/ou de raios x.

Nas demais localidades da escola percebe-se a presença de calculadoras com telas de cristal líquido contendo uma pequena placa semicondutora em seu interior que é conectada a uma fonte de energia contínua. Também nota-se a excessiva presença de celulares dos mais variados tipos e modelos, mas com uma característica em comum: todos se comunicam entre si pela captação de uma onda eletromagnética funcionando por um método chamado triangulação entre dois aparelhos e uma antena que capta o sinal de um aparelho e envia para outro no momento da ligação.

Por fim, há o estacionamento da escola onde se encontra diversos carros estacionados e muitos deles contém aparelho de GPS que também funciona por triangulação, mas com uma pequena diferença dos celulares. O GPS faz a triangulação com um satélite no espaço próximo a Terra e envia a informação de posição e destino ao usuário. Vale lembrar que o satélite em órbita do Planeta se move a velocidades altíssimas se comparado as velocidades na superfície da Terra, isso acontece porque não há atrito no espaço e para que o sistema de triangulação funcione é levado em conta cálculos relativísticos.



Figura 49 – Um “reconhecimento quântico” do contexto escolar.

5.1.2.1.1 Nuvens de palavras como filtros de relevâncias

Conhecidas as pesquisas expostas no Capítulo 3 sobre mineração de textos e construção de redes semânticas e conceituais, surgiu ao pesquisador a ideia de visualizar em rede o conjunto dos onze textos “*respirando quântica*” produzidos pelos licenciandos participantes da OFICINAS_V7. A expectativa gerada foi a de que uma visão global e em rede do conjunto desses textos, pudesse apreender objetos, atividades e fenômenos comumente citados pelos licenciandos em suas buscas pelo “reconhecimento quântico” do contexto escolar.

Faz-se necessário apontar duas ponderações antes de avançar rumo à construção dessa visão global. Objetivando não apenas expor o resultado encontrado em tal investigação, mas também apresentar a técnica utilizada para alcançá-lo, este e o próximo item apresentam descrições e roteiros em quantidade talvez excessiva. Preferiu-se, no entanto, assim redigir a fim de possibilitar maior contribuição às pesquisas sobre o assunto, haja vista a escassa literatura até o momento encontrada sobre isso no ensino de ciências e na área educacional em geral. Mesmo nos citados trabalhos de Brunn (2012), Antiqueira et al. (2005) e Macedo (2010) (ver páginas 79 e 80), o “caminho das pedras” é exposto de forma por demais sintética e fazendo usos de *softwares* de difícil acesso e/ou manuseio.

A segunda ponderação diz respeito à natureza analítica da investigação, não se tratando de uma prática realizada junto aos licenciandos, mas na busca de uma ferramenta que pudesse auxiliar na análise daquela visão global dos textos por eles elaborados. Apreendida somente após o término da OFICINAS_V7, o uso prático desta ferramenta pode ser, sim, projetado em futuras versões das OFICINAS ou em outros projetos vinculados ou não a disciplinas da Licenciatura em Física do IFSP-SP. Exemplo disso poderia ser a consideração daquela visão global como orientadora da reelaboração de cada texto ou de experimentos de construção coletiva de textos.

Uma primeira aproximação para o alcance do pretendido objetivo realizou-se por meio do *Wordle*, *software* descrito no segundo capítulo (ver página 77). No entanto, se utilizado como única ferramenta, este *software* não permite adequada visibilidade dos termos que aqui se quer investigar, sendo necessário “minerar” cada texto com algumas das técnicas também descritas naquele capítulo. Exemplo disso é apresentado na figura 50 em que se pode ver duas imagens relativas à distribuição de palavras componentes do texto relativo àquele fictício menino Lucas (disposto na página 109), a primeira referente ao texto em sua íntegra e

pertencentes à lista de exclusão levariam à exclusão do próprio termo: isoladas, as palavras “estado” e “fundamental” provavelmente não se associam diretamente a conceitos ou fenômenos físicos, com ambas podendo constar da lista de palavras a serem excluídas; já o termo “estado fundamental” associa-se ao estado quântico de menor energia, sendo recomendável sua permanência na versão final do texto trabalhado pelo *Automap*; aplicando-se primeiramente o arquivo de *lematização* contendo o código “estado fundamental, estado-fundamental”, indicativo da inserção do hífen entre as duas palavras, garante-se a manutenção deste termo mesmo após a aplicação da lista das palavras a serem excluídas. Claro que, com isso, se está realizando algo mais abrangente do que a simples *lematização*, com esse título aqui mantido para efeito de melhor conexão com o exposto no segundo capítulo do presente texto (ver também página 79).

A construção destas duas listas não é, no entanto, nada simples, sendo diversos os programas testados pelo pesquisador na tentativa de automatização da tarefa. Não encontrado um programa gratuito contextualizado à linha portuguesa, procedeu-se ao aprendizado quanto ao desenvolvimento de *macros* internas ao processador de texto *Word*, tendo sido desenvolvidas três delas, todas expostas no APÊNDICE D: *macro-I* para a eliminação de acentos, sinais gráficos e outros símbolos; *macro-II* para a formação da lista de palavras a serem excluídas; *macro-III* para composição da lista de palavras a serem associadas em um único termo.

Com eventuais desvios de rota vinculados a tentativas e erros próprios ao aprendizado, pode-se sintetizar o procedimento adotado da seguinte maneira: (a) escolhido um primeiro texto para início de trabalho, aplicava-se a *macro-I* ao conjunto de suas palavras, seguindo-se, depois, para a aplicação das outras duas *macros* às palavras julgadas procedentes, conformando-se, assim, a primeira versão daquelas duas listas de palavras e termos; (b) a cada novo texto a ser trabalhado recorria-se primeiramente à aplicação via editor de texto *Word* da *macro-I*, seguida à aplicação via *Automap* das duas listas conforme então desenvolvidas para, na sequência, abrir novamente no *Word* o texto já modificado e proceder com sua leitura e aplicação das *macros* II e III. Empregada sucessivamente texto a texto, esta sequência recorrente possibilitava a conformação de listas cada vez mais abrangentes, progressivamente diminuindo a dificuldade do trabalho com novos textos.

Apreendida a técnica, procedeu-se com sua aplicação ao conjunto dos textos apresentados pelos onze licenciandos participantes da última versão das OFICINAS. Unificados e inseridos como um só texto no *Wordle*, produziram-se figuras correspondentes a três respectivas situações: (a) textos originais (figura 51A); (b) textos “minerados” de acordo

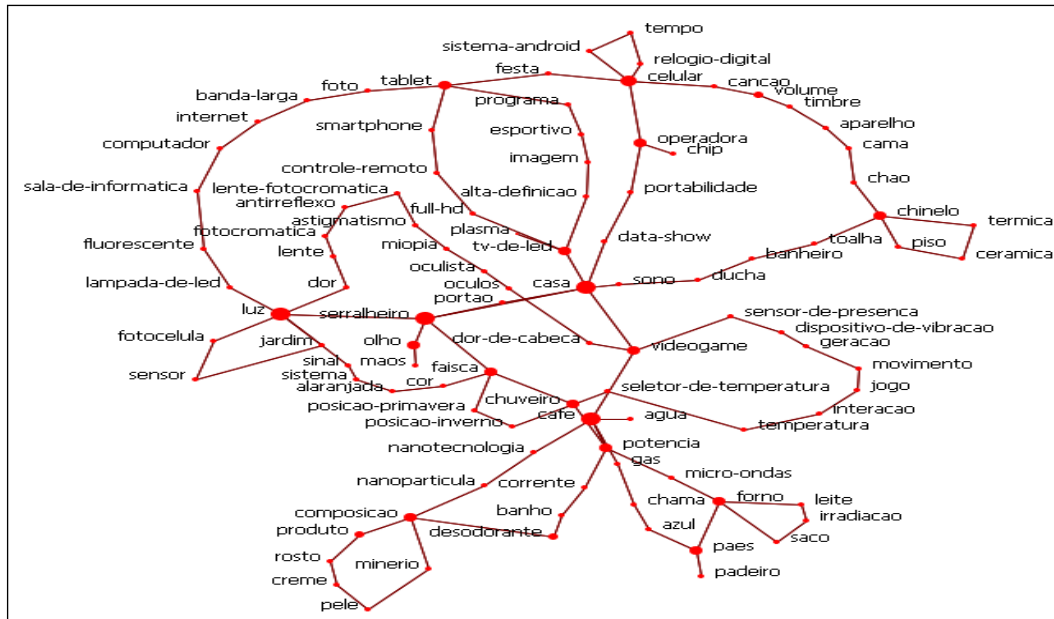
5.1.2.1.2 Redes de palavras como realce ao individual dentro do coletivo

A distribuição de palavras processada pelo *Wordle* não permite verificar suas interconexões, aspecto que pode ser investigado convertendo os textos em redes semânticas com auxílio do próprio *Automap* e do *ORA*³², um dos muitos programas disponíveis na *web* para o trabalho com construção e análise de redes. O procedimento básico consiste em trabalhar o texto no *Automap* conforme anteriormente descrito e gerar por meio deste mesmo programa uma rede semântica a ser aberta e analisada no *ORA*.

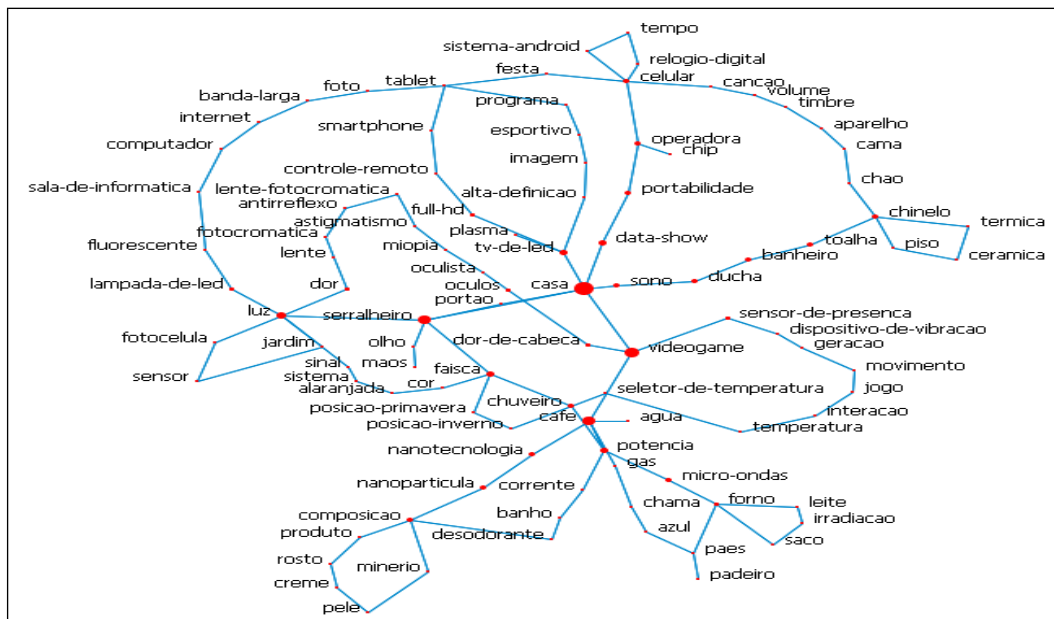
Novamente tomando como parâmetro aquele texto relativo ao fictício menino Lucas (disposto na página 109), bem como as definições de centralidades e representações visuais de uma rede, apresentadas no item 3.1 desta tese (ver páginas 55 e 57), elaboraram-se duas imagens através do *ORA*, ambas regidas por um algoritmo baseado no sistema massa-mola, com os nós de maior diâmetro indicativos de maior valor na centralidade de grau (figura 52A) e de intermediação (figura 52B).

Na geração dessa rede algumas opções disponibilizadas pelo *Automap* tiveram que ser feitas. Dentre elas se destaca a escolha pela adjacência entre duas palavras como condição para sua conexão. Assim, do trecho original “*no dia anterior foi dormir tarde porque ficou na casa de um colega do bairro jogando videogame com sensores de presença e dispositivos de vibração de última geração até as 23:00hs*”, resta após a “mineração” de texto a sequência “*casa, videogame, sensor-de-presenca, dispositivo-de-vibracao, geracao*”, termos que se apresentam na rede como nós sucessivamente conectados. Aparecendo uma segunda vez ao longo do texto, entre os vocábulos “*oculos*” e “*cafe*”, o termo “*videogame*” se apresenta com quatro *links* na rede. De forma similar, “*casa*” se apresenta com seis *links* por aparecer em outros dois trechos do texto. É, portanto, com esta lógica aplicada ao conjunto do texto “*minerado*” que o *Automap* gera a rede.

³² Outro software elaborado pelo CASOS e disponível, sob licença gratuita para uso em pesquisas com funções limitadas para redes até 1000 nós, no endereço <<http://www.casos.cs.cmu.edu/projects/ora/>> (Acesso em 31. Mar. 2014).



A



B

Figura 52 – Redes semânticas correspondentes ao texto do fictício menino Lucas (página 109), com o maior diâmetro do nó vinculando-se à sua maior centralidade de grau (A) e à sua maior centralidade de intermediação (B).

Também há opções a serem feitas quanto ao processo de análise e visualização da rede pelo *ORA*, com as centralidades acima representadas sendo apenas duas dentre dezenas de medidas efetuadas pelo programa. Tal versatilidade abre a perspectiva de futuras investigações quanto a possíveis relações entre os resultados de tais medidas e as características de cada texto. Devido ao aprendizado ainda em fase de amadurecimento, não é possível já apresentar inferências quanto ao assunto, sendo inclusive necessário estudo mais

extenso e profundo acerca das próprias palavras excluídas ou unificadas no processamento da “mineração” de texto³³. A rede representada nas duas figuras anteriores seria, por exemplo, profundamente modificada por eventual exclusão do vocábulo “casa” que apesar de apresentar a mesma centralidade de grau que “luz”, se destaca quanto ao valor de sua centralidade de intermediação.

Objetivando, no entanto, a visão em rede do conjunto dos textos, infere-se considerável diminuição do problema acarretado por eventuais más escolhas feitas na construção dos arquivos utilizados na “mineração”. Nesse sentido, após a geração das redes semânticas correspondentes aos onze textos apresentados na OFICINA_V7, procedeu-se por meio do *ORA* às suas junções resultando na rede composta por cerca de 600 nós e 2200 *links* ilustrada nas figuras 53 e 54, em seu conjunto completo (figura 53) e com destaque aos 20 nós de maior intermediação (figura 54). Como tais figuras foram construídas de forma a representar com maior diâmetro os nós de maior centralidade de grau e com a cor azul os nós de maior centralidade de intermediação, faz-se nítida a grande correspondência entre tais centralidades, com os nós de muitos *links* sendo também nós vitais na conexão entre distintas partes da rede.

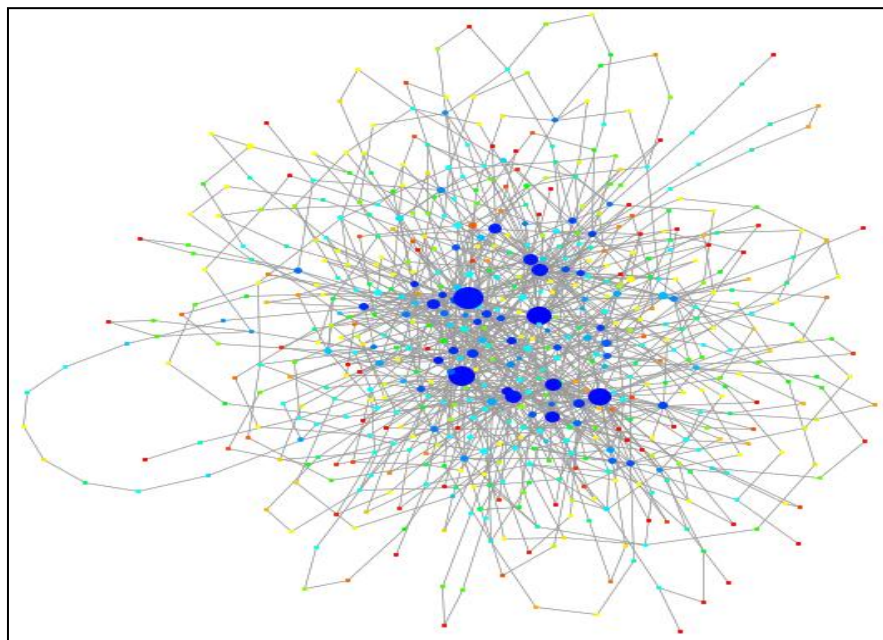


Figura 53 - Representação em rede do conjunto dos textos “respirando quântica” apresentados na OFICINA_V7 com centralidades de grau e de intermediação respectivamente associados aos diâmetros e cores dos nós, com a cor azul indicando maior valor de intermediação.

³³ A lista de palavras excluídas e “lematizadas” podem ser respectivamente acessadas nos seguintes endereços eletrônicos: <<http://fisicaemrede.com/mod/resource/view.php?id=2141>> e <<http://fisicaemrede.com/mod/resource/view.php?id=2142>> (Acessos em 31. Mar. 2014).

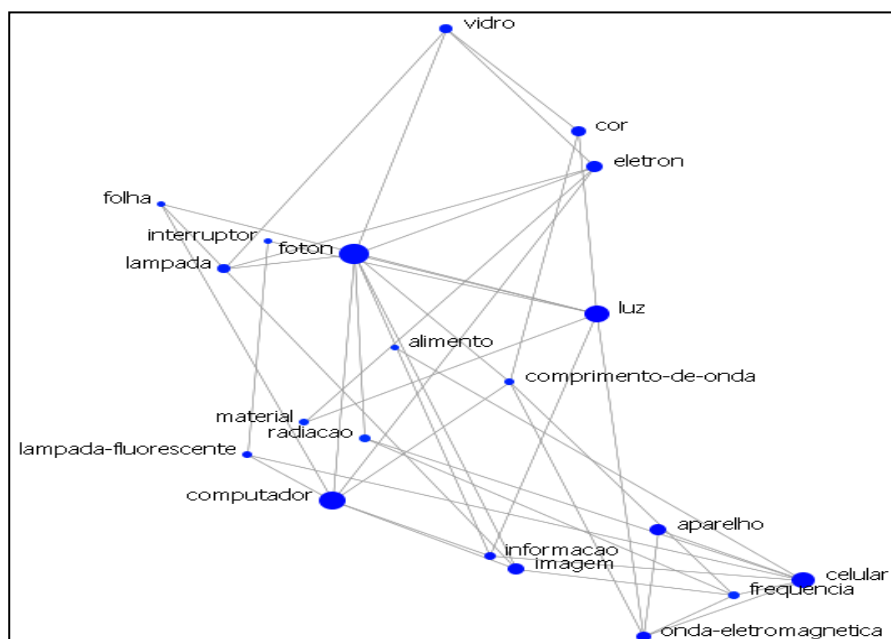


Figura 54 – Ampliação de escala referente à figura anterior destacando as ligações entre os 20 nós de maior centralidade de intermediação, quase todos também classificados entre os nós de maior centralidade de grau.

Além dos eventuais problemas causados por más escolhas na construção das listas de termos utilizadas no processo de mineração, as opções feitas via *Automap* para a formação da rede também podem provocar inconsistências. A conexão entre “lâmpada-fluorescente” e “computador” disposta na figura 54 é, por exemplo, fruto da opção de que palavras adjacentes poderiam se conectar indistintamente se pertencentes ou não à mesma oração, sentença, ou parágrafo. Recorrendo à leitura dos textos originais, se verifica o posicionamento de “computador” ao final de determinado parágrafo e de “lâmpada-fluorescente” no início do parágrafo seguinte, quando o autor do texto já havia avançado para outro contexto. Tivesse sido feita a opção de restringir conexões a palavras adjacentes e pertencentes ao mesmo parágrafo, não existiria a conexão acima indicada.

Tal opção não resolveria, no entanto, todos os problemas, haja vista que nem sempre alterações de parágrafo correspondem a mudanças de contextos e que, por outro lado, mesmo dentro de um parágrafo, diferenças sentenças podem conter assuntos sem conexão direta. O único modo de resolver com maior precisão o problema seria editar manualmente as conexões, ação que embora permitida pelo *ORA* frustraria seu potencial de automatização no trabalho com grande volume de dados. A melhor perspectiva encontrada foi, enfim, apostar que eventuais inconsistências não prejudicassem o resultado global.

Nesse sentido ganha importância a comparação com as distribuições de palavras feitas pelo *Wordle*, cujo resultado coloca em destaque um conjunto de palavras semelhante às palavras de maior centralidade de grau na rede semântica. Tanto pelas redes visualizadas via *ORA*, como pela distribuição efetuada pelo *Wordle*, o realce no “reconhecimento quântico” do contexto escolar pelos participantes da OFICINAS_V7 se vincula às tecnologias da informação e comunicação. Todavia, além de inferirem as já comentadas possíveis extensões da presente pesquisa rumo ao estudo das estatísticas apresentadas pelo *ORA*, o trabalho com as redes semânticas permite também visualizar o individual dentro do coletivo. Como exemplo, apresenta-se a figura 55 que destaca os nós da rede global associados à rede relativa ao texto do fictício menino Lucas (apresentado na página 109) e à rede relativa ao texto disposto no início do presente item 5.1.2.1 (apresentado na página 153), aquele mais disperso do que este comparativamente ao núcleo central da rede global, fato associado à fuga no primeiro texto para um contexto mais individual do que escolar.

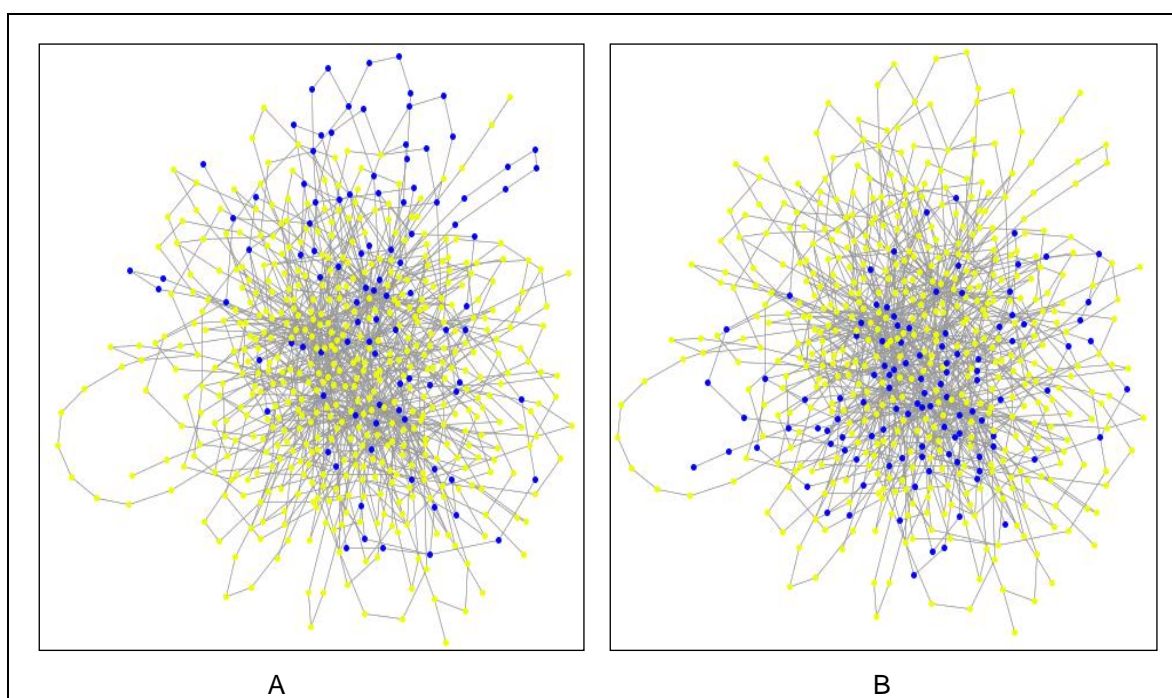


Figura 55 - Representação em rede do conjunto dos textos “respirando quântica” apresentados na OFICINA_V7 (em amarelo) com destaque aos nós (em azul) vinculados a duas redes específicas: (A) a rede formada pelos termos presentes no texto que relata o dia do menino Lucas (página 109), com nós mais periféricos; (B) a rede formada pelos termos presentes no texto apresentado na página 153, composta de nós mais centrais.

5.1.2.2 Redes conceituais

Atividade central das versões das OFICINAS em sua segunda fase, a apresentação da temática escolhida pelo licenciando envolveu a construção de uma representação gráfica acompanhada de um texto dela descritivo. Ainda que tenha sido incentivado o uso do programa *CmapTools*, desenvolvido por seus criadores para a construção de mapas conceituais, o licenciando poderia construir sua representação gráfica como um mapa conceitual clássico, com conceitos conectados por proposições, ou como um feixe de relações entre significados diretamente conectados entre si. As figuras 56 e 57 são representativas de cada uma destas opções, com a primeira delas centrada no tema das radiações e com utilização de palavras ou frases curtas nas ligações entre dois conceitos e com a segunda focada nos semicondutores e com conceitos diretamente ligados entre si.

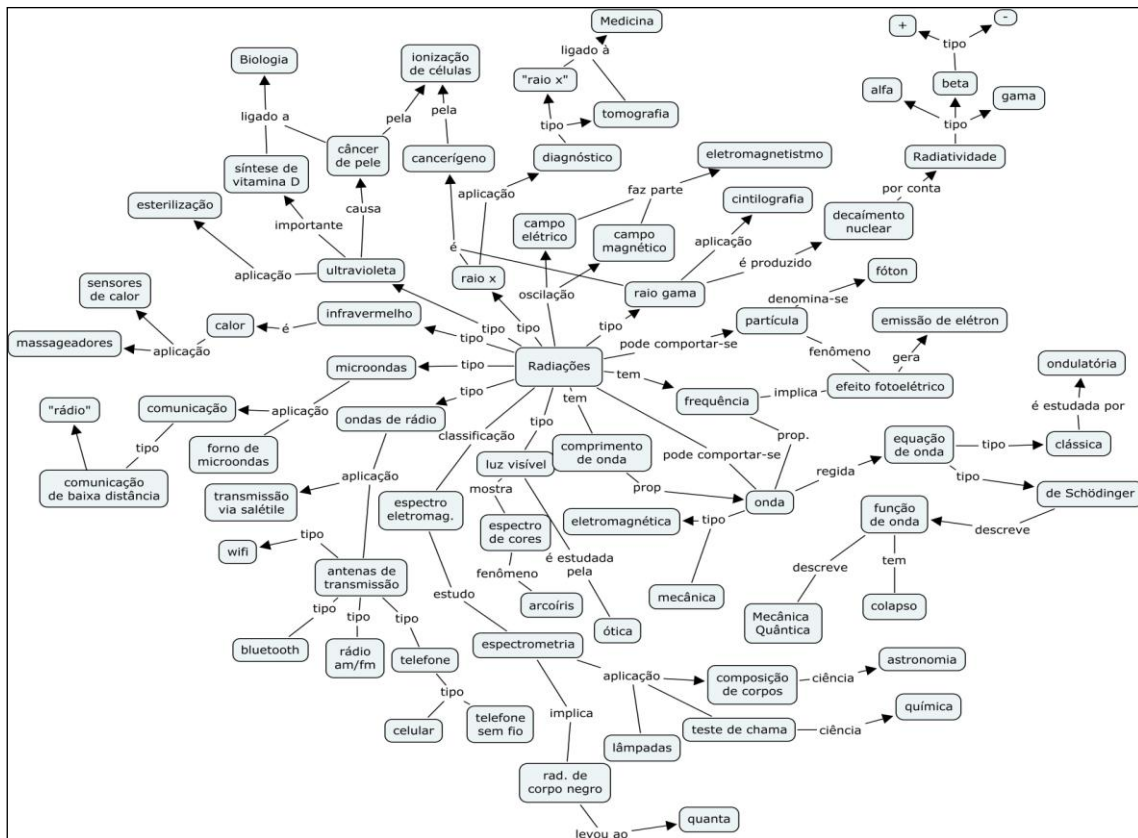


Figura 56 - Representação gráfica centrada nas radiações, conforme elaborado por licenciando participante da OFICINAS_V7.

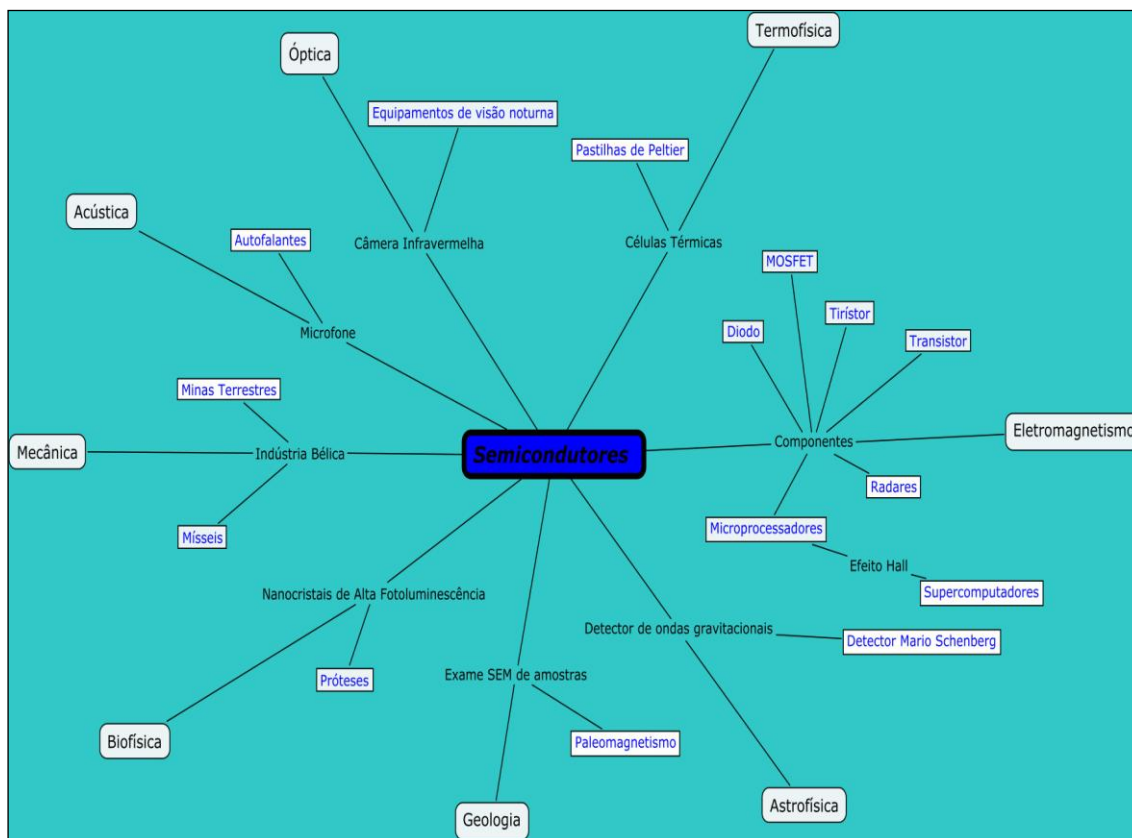


Figura 57 - Representação gráfica centrada nos semicondutores, conforme elaborado por licenciando participante da OFICINAS_V7.

Também flexível era a orientação para com a formulação do texto que poderia ser redigido como uma dissertação ordenada em correspondência a determinado percurso imaginado na representação gráfica (sentidos horário e anti-horário, por exemplo) ou por tópicos correspondentes à fragmentação setorial dessa representação. O fundamental era que a futura leitura do texto permitisse clara compreensão das interpretações do autor para as conexões apontadas na representação gráfica. Representação gráfica e texto formavam assim um conjunto que apresentaria a temática escolhida para o estágio da forma a mais ampla possível, de maneira a possibilitar diversas opções para posterior recorte visando a formulação de uma sequência didática.

Momento de tensão e rico aprendizado, as elaborações destas redes conceituais foram progressivamente ganhando maior dimensão frente ao conjunto de atividades realizadas nas OFICINAS. Tensão, pois sendo uma atividade relativamente longa e já ocorrendo após elaboração das descrições do “respirando quântica”, tarefa também nada curta, chocava-se contra a natural tendência do licenciando em logo aplicar a regência prevista como obrigatória para validação de seu estágio. Rico aprendizado porque o estabelecimento de conexões exigia

pesquisa tanto interna como transcendente à física, não raras vezes resultando em reaprendizados de conceitos físicos previamente julgados plenamente conhecidos.

A exemplo da síntese da atividade “respirando quântica” apresentada no item anterior, buscou-se a estratégia de construir uma visão global do conjunto das redes conceituais elaboradas, tomando-se como objeto de estudo os participantes da última versão das OFICINAS que desenvolveram projetos focados nos temas indicados no quadro 12.

Quadro 12 - Projetos de PE3 – IFSP-SP - 1º semestre de 2013

Projeto	Seriação	Tema
P1	2	Átomo de Bohr e espectros ópticos dos elementos químicos
P2	2	Espectroscopia
P3	3	Sensores
P4	2	Radiações
P5	2	Supercondutores
P6	2	Energia Nuclear
P7	3	Forças fundamentais da natureza
P8	3	Semicondutores
P9	3	Átomo de Bohr e modelos atômicos antecedentes
P10	2	Supercondutores
P11	3	Radiatividade

Para tanto, por meio do *ORA*, cada uma das onze representações gráficas foram transformadas em redes conceituais posteriormente unidas em uma só rede global mediante a junção dos nós de mesmo nome. Nesse processo também se realizou uma espécie de “mineração” de texto eliminando-se palavras ou frases de ligação típicas das proposições presentes nos mapas conceituais clássicos (como as expressões “*tipo*”, “*pode comportar-se*” e “*aplicação*”, presentes na figura 56), bem como dados pouco significativos frente ao objetivo pretendido, tais como datas e nomes próprios vinculados a descobertas em campos específicos. Além disso, trabalhou-se na padronização dos termos, recurso semelhante à *lematização*, com o termo “alfa”, por exemplo, sendo modificado para “partícula alfa”, “radiação” para “radiações” e “radioatividade” para “radiatividade”.

Com os arquivos originais dos licenciandos já no formato de representação gráfica e não de texto, não se pode contar com o auxílio do *Automap* nesse processo de mineração, com todas as interferências tendo sido realizadas diretamente no *ORA*, muitas vezes com a edição

“manual” de nós e *links*³⁴. Como resultado, obteve-se a rede composta por cerca de 450 nós e 700 *links* ilustrada em seu conjunto completo (figura 58A) e com destaque aos 20 nós de maior intermediação (figura 58B), ambas as imagens construídas com diâmetros e cores dos nós como indicativos, respectivamente, dos valores relativos das centralidades de grau e de intermediação.

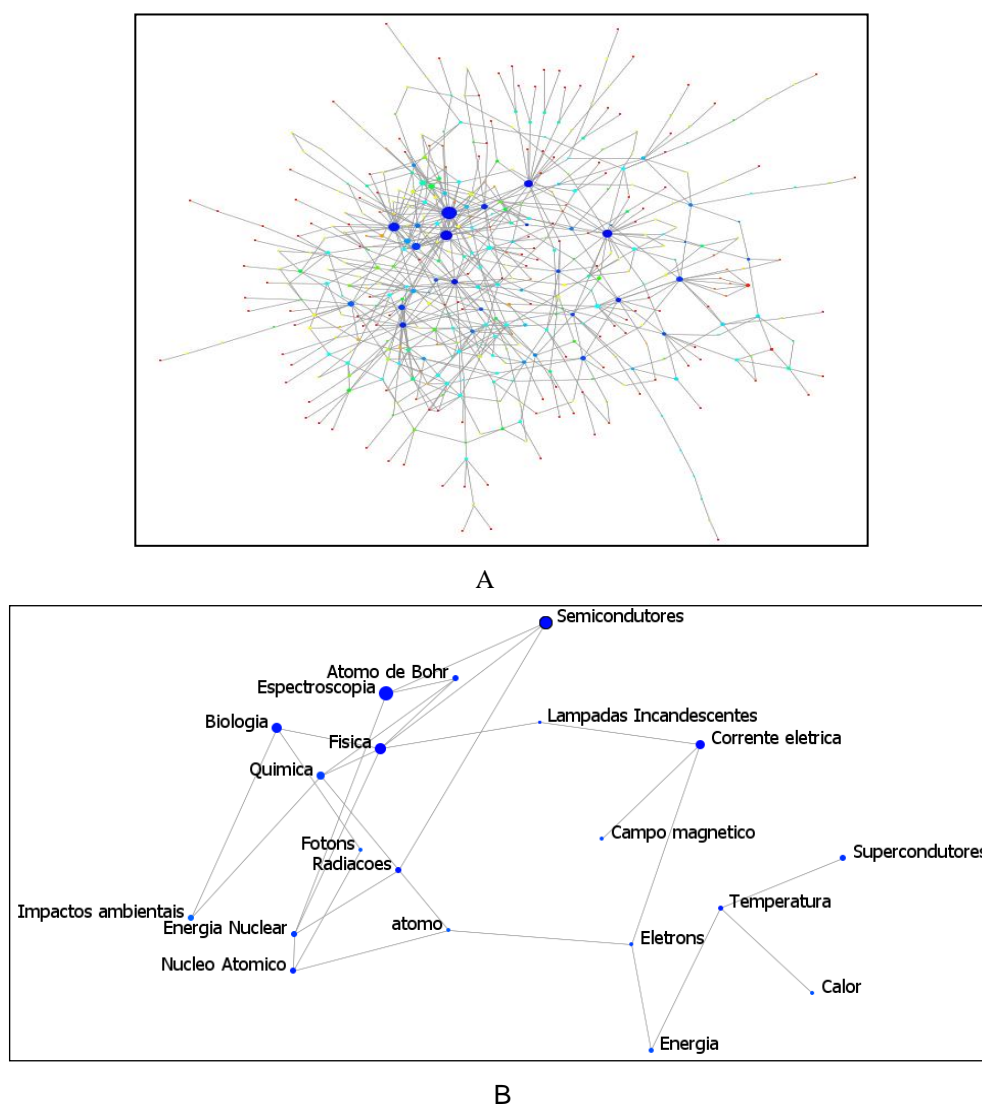


Figura 58 - Representação em rede do conjunto das redes conceituais apresentadas na OFICINA_V7, com centralidades de grau e de intermediação respectivamente associados aos diâmetros e cores dos nós, com a cor azul indicativa de maior valor de intermediação: (A) escala original com visualização de todo o conjunto de nós e links; (B) escala ampliada com destaque às ligações entre os 20 nós de maior centralidade de intermediação, quase todos também classificados entre os nós de maior centralidade de grau.

³⁴ Na sequência “luz visível” - “é estudada pela” - “ótica” (presente na figura 56) a simples eliminação da proposição “é estudada pela” deixaria os conceitos “luz visível” e “ótica” desconectados, fazendo-se necessário criar “manualmente” um novo *link* via janela de edição da rede disponibilizada pelo ORA. Já, para a modificação do termo “radiação” para “radiações” e consequente junção de todos os nós com esse último título, basta indicar ao ORA tal necessidade e o próprio programa realiza o processo automaticamente.

Diferentemente da rede representativa dos textos relativos à atividade “respirando quântica”, a ampliação de escala com realce aos 20 nós de maior intermediação não elucida características significativas para o contexto deste trabalho sobre as redes conceituais. O motivo vincula-se à própria origem dos dados com que estas duas redes foram construídas: a primeira delas baseada em textos de uma mesma temática, focados no “reconhecimento quântico” do contexto escolar; a segunda constituída pela junção de representações gráficas relativas a diferentes temáticas.

Maneira mais pertinente de investigação foi encontrada pela classificação do conjunto dos nós da rede conceitual global de forma a dialogar com a discussão apresentada no primeiro capítulo acerca do papel da física quântica na interligação entre diferentes campos de conhecimento. Nesse sentido, forjaram-se dois critérios. No primeiro deles, três categorias foram elencadas: (a) termos próprios da física e de seu ensino, como “feixe de luz”, “radiações”, “supercondutor” e “reação em cadeia”; (b) termos próprios de outras disciplinas das ciências da natureza, como “teste de chama”, “tabela periódica”, “olhos” e “reino vegetal”; (c) termos mais diretamente associados a áreas que extrapolam as ciências da natureza, como “belicismo nuclear”, “doenças”, “esporte” e “diagnóstico médico”. Como segundo critério de classificação, identificaram-se termos contextualizados no desenvolvimento da física quântica, tais como “bombas nucleares”, “efeito fotoelétrico” e “microprocessadores”. Tabela completa com nós e suas classificações pode ser vista no APÊNDICE E.

Associando, respectivamente, as cores verde, vermelho e azul aos nós representativos das três categorias do primeiro critério de classificação e *links* mais escuros aos “nós quânticos”, gerou-se via *ORA* a figura 59. Ainda que pese o natural predomínio da categoria vinculada aos termos próprios da física, aspecto já esperado dado o contexto da tarefa realizada em disciplina de uma licenciatura em física, é perceptível a integração entre as três categorias, em especial na parte superior esquerda da imagem que concentra os nós de maior centralidade.

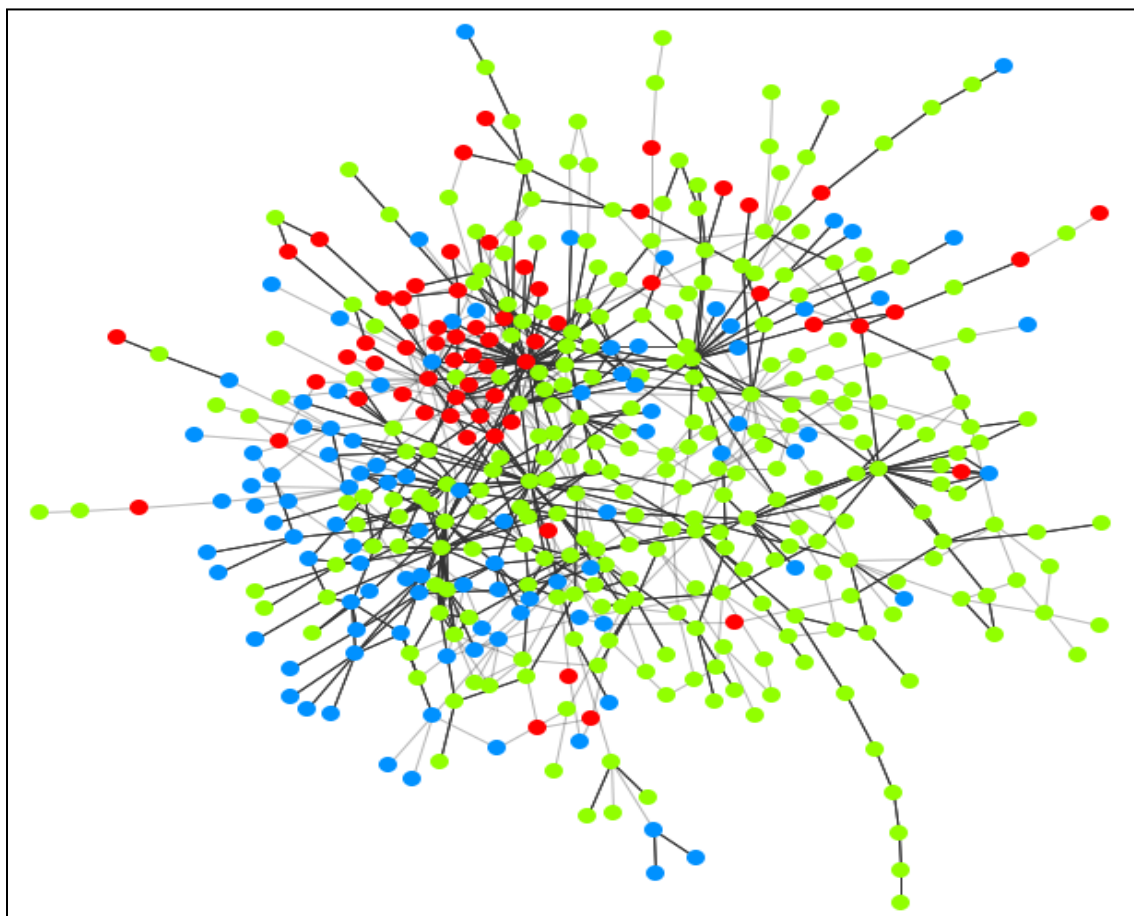


Figura 59 – Representação em rede do conjunto das redes conceituais apresentadas na OFICINA_V7 com cores dos nós indicativas de sua classificação quanto às disciplinas e áreas (verde para termos próprios da física, vermelho para termos próprios de outras ciências da natureza, azul para termos que extrapolam as ciências da natureza) e com *links* mais escuros associados a termos contextualizados no desenvolvimento da física quântica.

Também pertinente é analisar a distribuição desta mesma classificação interna a cada uma das onze redes elaboradas pelos participantes da OFICINAS_V7. Nesse sentido apresenta-se a figura 60 composta por imagens que, mantendo o código de cores acima indicado, realçam os nós de cada uma daquelas onze redes, favorecendo análises comparativas. Faz-se perceptível, por exemplo, grande dissonância entre a rede P2, com razoável interligação entre diferentes áreas e com boa concentração de *links* contextualizados na física quântica e a rede P3, mais fragilizada quanto a esses aspectos e, assim, mais distante do pretendido objetivo de se estabelecerem redes conceituais tecidas pela física quântica entre as mais diversas áreas.

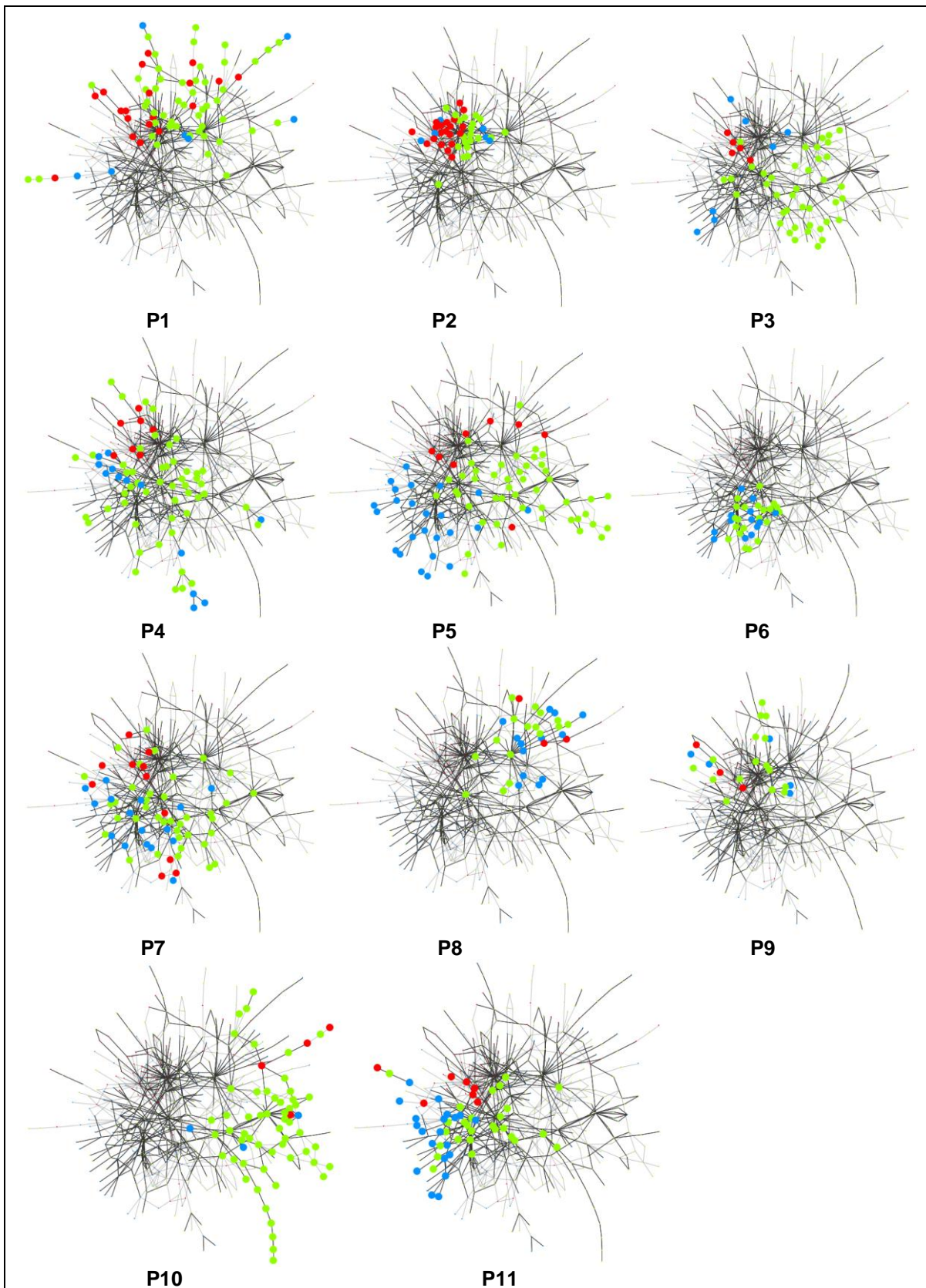


Figura 60 - Destaques aos nós pertencentes a cada uma das onze redes associadas aos projetos indicados no quadro 3 que, unificadas, originaram a rede conceitual global da OFICINAS_V7.

Outra perceptível diferenciação se dá pela localização topológica na rede global de cada uma das onze redes. Por apresentarem grande foco nos temas escolhidos, as redes P6, P8 e P10, respectivamente associadas às investigações dos riscos e benefícios do uso de energia nuclear, das aplicações dos semicondutores e da teoria e aplicações dos supercondutores, localizam-se em regiões periféricas da rede global. Por sua vez, a rede P5, construída a partir do mesmo tema dos supercondutores vinculado à rede P10, espalha-se por área de maior abrangência, compartilhando alguns dos nós com as redes P1, P2, P4, P7 e P11, mais voltadas ao estudo das radiações corpusculares ou eletromagnéticas e do espectro óptico dos elementos químicos.

De fato, o uso de uma ferramenta disponibilizada pelo *ORA* para verificação do efeito provocado pela retirada de determinados nós de uma rede, mostrou que a exclusão dos nós destas últimas redes fragmentava significativamente a rede global quando comparado com a exclusão dos nós das redes P6, P8 e P10. A eliminação da rede P2, por exemplo, gerava 9 fragmentos além de deixar 10 nós completamente isolados. Por sua vez, a retirada da rede P8 gerava apenas um fragmento.

Em síntese, pela visualização em rede do conjunto das representações gráficas elaboradas na OFICINAS_V7 constata-se que ao desenvolverem projetos baseados na ideia do destacado papel que pode ser desempenhado pela física quântica na textura de redes de conhecimento, seus participantes demonstraram maior interesse ou facilidade no seguimento de temáticas envolvendo as radiações corpusculares ou eletromagnéticas e o espectro óptico dos elementos químicos. Sendo apenas onze os trabalhos, tal constatação talvez poderia ser obtida de forma mais rápida por métodos mais convencionais ao aqui exposto. A expectativa, no entanto, é que o futuro aprofundamento do aprendizado quanto às teorias e técnicas de construção e análise de redes forneça pistas e resultados que dificilmente se apresentariam de outra forma.

5.1.3 Novas percepções sobre a quântica e seu ensino

Concluída uma disciplina, o licenciando logo é absorvido por preocupações referentes a outras disciplinas componentes da grade curricular que, imersas no contexto do acelerado ritmo de sua vida contemporânea, não lhe permitem lá muito tempo para reflexões sobre o que passou. É, pois, muito difícil dimensionar as influências concretas que as OFICINAS possam ter promovido nos licenciandos que delas participaram, seja quanto às percepções sobre os assuntos nelas discutidos, seja quanto às futuras práticas docentes. Necessidade

básica para obter tal dimensionamento seria a retomada de contato após certo tempo da conclusão do curso, ação que no momento em que se escreve este texto vem sendo promovida, por ora com baixo nível de retorno, via endereços eletrônicos armazenados no ambiente *fisicaemrede.com*.

Ação paliativa é buscar no próprio curso recursos que permitam inferir a ocorrência ou não daquelas influências. Tal é o caso das avaliações diagnósticas que, aplicadas antes e após a realização do curso, podem fornecer significativas pistas. Assim se fez na OFICINAS_V7, resgatando-se, após a publicação das notas e faltas, as questões apresentadas no início do curso acerca da sequência linear de conteúdos que tradicionalmente marca o ensino de física e do papel da quântica enquanto possível veículo para se tecer um enredamento curricular. A tabela 3 expõe uma síntese das respostas apresentadas antes e após a realização do curso pelos onze licenciandos dele participantes, com a distribuição estatística mais detalhada do conjunto das respostas podendo ser observada no APÊNDICE F. Pelos dados desta tabela nota-se acentuado deslocamento das opiniões dos licenciandos desde uma posição mais linear para uma visão claramente favorável a enredamentos e ao papel privilegiado que nesse sentido pode ser desempenhado pela quântica.

Além do resgate à avaliação diagnóstica inicial, ao final do semestre, também após a entrega de notas e faltas, procedeu-se a uma avaliação do curso em seu conjunto, incluindo-se novas questões que pudessem indicar eventuais mudanças de percepção sobre a física e seu ensino. Em uma delas o licenciando era convidado a responder se considerava ter ganho com o curso uma visão mais global da física e de sua relação com outra(s) disciplina(s) ou área(s). A tabela 4 apresenta a distribuição estatística das respostas, todas afirmativas desse ganho.

A fim de tornar explícitas as relações que justificassem a indicação de tais ganhos de visão, solicitou-se em seguida que os licenciandos apontassem algumas das relações que se perceberam apreendidas como fruto das atividades desenvolvidas ao longo do curso. As respostas a essa solicitação são apresentadas no quadro 13.

Tendo caráter voluntário e com realização posterior ao fechamento de notas e faltas, as respostas apresentadas nas tabelas 3 e 4, assim como no quadro 13, aumentam a confiabilidade quanto às qualificações positivas atribuídas à temática desenvolvida no curso por alguns licenciandos, conforme expressas em seus PROJETOS e reproduzidas no quadro 14.

Tabela 3 – Distribuição estatística das respostas dos licenciandos participantes da OFICINAS_V7 a questões apresentadas antes e após a realização do curso, com destaque aos percentuais mais elevados respectivos a cada questão.

Questões (1)	Respostas (%) (2)			
		Não	Talvez	Sim
O ensino de cinemática deve anteceder o ensino de dinâmica.	Antes	18	27	55
	Depois	70	20	10
O ensino de ondulatória e óptica deve anteceder o ensino de eletromagnetismo.	Antes	27	27	45
	Depois	30	30	40
O ensino dos fundamentos da Física Clássica deve anteceder o ensino da Física Quântica.	Antes	27	27	45
	Depois	60	30	10
Devido à sua inerente abstração matemática, a Física Quântica somente deve ser ensinada após razoável consolidação na aprendizagem em cálculos e representações matemáticas.	Antes	45	27	27
	Depois	70	10	20
Um curso de Física no Ensino Médio poderia iniciar com o aprendizado da Física Quântica.	Antes	27	27	45
	Depois	10	20	70
Os campos de conhecimento historicamente construídos pela física (Mecânica, Física Térmica, Óptica, etc.) podem ser visualizados como nós de uma rede tecida pela Física Quântica.	Antes	9	27	64
	Depois	0	0	100
A Física Quântica tem potencial para ser elemento essencial na textura de redes conceituais no ensino de física.	Antes	0	9	91
	Depois	0	0	100
A Física Quântica não deve ser percebida como um conteúdo a mais, mas, sim, como um conteúdo privilegiado a ser ensinado e aprendido ao longo de todo o ensino médio.	Antes	0	36	64
	Depois	0	0	100

FONTE: próprio autor.

(1) Cada questão corresponde a uma afirmação sobre a qual o licenciando teve que apresentar seu grau de concordância de acordo com uma escala de 1 a 5, aqui simplificada pela junção dos percentuais relativos aos números 1 e 2 na categoria “Não”, aos números 4 e 5 na categoria “Sim”, deixando a categoria “Talvez” vinculada ao número 3.

(2) Percentuais aproximados com a exclusão de casas decimais.

Tabela 4 - Distribuição estatística das respostas dos licenciandos participantes da OFICINAS_V7 à questão “*Considera ter hoje, em virtude do curso, uma visão mais global da Física e de sua relação com outra(s) disciplina(s) e/ou área(s)?*”.

Alternativas disponibilizadas para escolha	Respostas (%) (1)
Não	0
Sim, mas com uma extensão muito pequena em relação ao que tinha antes do curso.	0
Sim, especialmente quanto à visão mais global da Física.	36
Sim, especialmente quanto à visão mais global da relação da Física com outra(s) disciplina(s) e/ou área(s).	27
Sim, tanto quanto à Física como um todo, quanto às suas relações com outra(s) disciplina(s) e/ou área(s).	36

FONTE: próprio autor.

(1) Percentuais aproximados com a exclusão de casas decimais

Quadro 13 – Respostas apresentadas à questão “*Em caso da escolha de alguma resposta afirmativa na questão anterior, indique algumas das relações percebidas como fruto das atividades desenvolvidas ao longo do curso*” (1).

(L1) Evidenciar que a Mec. Quântica está presente em toda a Física e que também serve para compreender melhor o mundo "Clássico".
(L2) Estudo do olho ligado à óptica e biologia.
(L3) Para mim, com certeza foram as relações da física, química, biologia, história e matemática; no uso de conceitos de física como a meia vida dos elementos radioativos, no avanço da química, visualizando sempre mais de perto os elementos, e no uso da matemática e dos modelos quânticos nos esclarecimentos e confirmações da idade de coisas pré-históricas, que nos dão, hoje em dia, condições para o entendimento do início da vida.
(L4) Física & Arqueologia; Física & Medicina.
(L5) Modelo de Bohr: aplicado nas áreas de física e química na interpretação do fenômeno da queima dos fogos de artifícios; Usina Nuclear: interdisciplinaridade entre a química e a física em relação a conceitos fusão e fissão nuclear e dos acidentes provocados pela radiação nuclear.
(L6) Percebi o porquê da física ser tão chamada de ciência fundamental, pois em cada um de seus temas, principalmente na parte quântica, há ramificações para muitas áreas, completando-as. Na química dá pra se entender melhor as ligações químicas dos átomos e moléculas, isso te permite entender melhor a biologia. As áreas citadas têm aplicações industriais e farmacêuticas, sem contar as ramificações tecnológicas da própria física e sua relação com os demais conteúdos de sua área e demais áreas.
(L7) Na cinemática, tinha maiores dificuldades de conectar a física moderna a este conteúdo; agora é possível imaginar links da física moderna com conteúdos de cinemática, gravitação, e algum movimento.
(L8) Poderei no segundo semestre deste ano utilizar o material que desenvolvi na escola em que trabalho relacionando com ciências da natureza, história e educação física na alfabetização científica de alunos do ensino fundamental.

(1) Embora todos os onze participantes do curso tenham respondido a questão de múltipla escolha apresentada na tabela 4, apenas oito (aleatoriamente identificados aqui como L1, L2, ..., L8) atenderam à solicitação de responder essa questão aberta.

Quadro 14 – Trechos de PROJETOS que continham referência à análise da temática desenvolvida na OFICINAS_V7 (1).

- (L1) Utilizei a mesmo esquema de rede aqui proposto para relacionar conteúdos históricos sobre a síntese da amônia desenvolvida pelo químico Fritz Haber, e consegui unificar reações químicas e reações nucleares e fazer uma sequência didática que aborda todos estes temas tendo como conteúdo central o átomo. Neste exemplo, somente com o mapa conceitual consegui enxergar que estes conteúdos podem ser explicados concomitantemente. Alguns colegas licenciandos nesta disciplina acharam muito interessantes essa aplicação, e também disseram que já sabiam que reações químicas acontecem na eletrosfera do átomo, e reações nucleares no núcleo, mas nunca pensaram em unificar estes conceitos e realizar um projeto de sequência didática entrelaçando-os.
- (L2) A disciplina inicialmente foi um desafio, pois mesmo concordando de mesclar os temas quânticos da Física ao tema clássico, não sabia ao certo como isto era possível, devido ao enraizamento do conteúdo regular. E esta mudança só foi possível a partir da elaboração do texto de visão quântica, por que pude conhecer melhor várias aplicações em equipamentos comuns do nosso dia-a-dia, depois de algumas pesquisas. Este trabalho só foi possível também, devido acompanhamento do professor do curso de PE3, durante todo o percurso, dando sugestão e orientação, além da grande motivação. Gostei muito do muito do tema trabalhado, pude conhecer novas áreas da Física e termos que ainda desconhecia, e acredito sim, que seja possível realizar esta teia de conhecimento em um ensino regular.
- (L3) O grande desafio da atividade de estágio foi conciliar o currículo praticado pelo docente da escola com alguma temática da Física Quântica. Todavia, ao longo do curso e das aulas da disciplina foi constatado pelas várias propostas trabalhadas pelos licenciandos como a Física Quântica forma e constitui uma rede complexa que engloba e permeia outras ciências, a vida, a sociedade e a tecnologia. Com o auxílio de alguns softwares como o CmapTools elaboramos os mapas conceituais de cada projeto já visualizando minimamente como as redes estabeleciam conexões cada vez mais numerosas e amplas. Com um segundo software foi construído uma rede global que abrangia todos os projetos dos licenciandos e assim tivemos a chance de visualizar uma rede com inúmeros nós e ramificações semelhantes ao mapa de linhas aéreas mundiais. Houve uma grande coletividade dos licenciandos para a evolução dos mesmos dentro da disciplina e para o desenvolvimento de cada projeto temático, ou seja, foi presenciado o engajamento dos licenciandos para desenvolver seus projetos e posteriormente suas regências de estágio. Ainda em se tratando da temática do curso, ficou evidente como a Física Quântica está muito presente em vários campos da ciência e da vida, sendo assim, precisamos realmente tratá-la com cuidado e principalmente pensar nas formas de inseri-la cada vez mais no currículo de Física do Ensino Médio.
- (L4) A ideia não é mostrar que a física quântica nos rodeia, mas mostrar que nada pode ser descontextualizado quando o assunto é ciência. Mostramos durante o curso de PE3 que na física, na vida e na ciência em geral a física quântica se diz presente e se pensarmos a fundo, faz conexões entre as áreas da física que, sem analisar minuciosamente, passa despercebida. Neste trabalho contextualizamos a FQ dentro da escola, não apenas no que faz sentido no ensino, mas no que faz sentido ao ser humano e tudo que o envolve, seja seu no seu método de transporte, seja nas interações sociais, seja na construção na cultura de grupo, existe sempre um pedaço da FQ interligando dois pontos da vida e trazer isso pra sala de aula foi, de fato, algo diferente e muito edificante.

(1) Embora todos os onze participantes da OFICINAS_V7 tenham inserido em seus PROJETOS apreciações positivas quanto ao balanço do curso, apenas quatro (aleatoriamente identificados aqui como L1, L2, L3 e L4) desenvolveram argumentações quanto à temática do curso.

Como conclusão, pode-se dizer que o conjunto dos dados aqui apresentados acerca das reflexões dos licenciandos participantes da OFICINAS_V7 sobre a própria aprendizagem e sobre a temática do curso infere a emergência nestes estudantes de uma nova percepção sobre a quântica e seu ensino que vai ao encontro das proposições defendidas nesta tese. Tal inferência é corroborada pela análise da coletânea de textos e mapas conceituais produzidos ao longo do semestre em que se percebe nítida evolução no reconhecimento de novos enredamentos conceituais. Embora a OFICINAS_V7 seja aquela que contou com a aplicação de um espectro de instrumentos de avaliação mais completo e sistematizado, avalio que essa evolução também tenha ocorrido, em maior ou menor grau, em todas as demais versões das OFICINAS.

Dado que esta evolução e a consequente emergência daquela nova percepção sobre a quântica e seu ensino tenham muito a ver com a metodologia reconstrutiva desenvolvida nas OFICINAS, vale resgatar as ponderações presentes neste texto quanto à não intencionalidade de se enaltecer esse campo de conhecimento. Assim como a quântica não deve ser vista como um campo teórico completo, isento de fragilidades e extensivo a tudo o que se conheça de física (ver página 30), nem a única temática com a qual se possa tecer redes conceituais no processo de ensino e aprendizagem (ver página 133), não é difícil imaginar semelhantes ganhos de visões globais da física e de sua relação com outras disciplinas e áreas em oficinas que, baseadas na concepção do conhecimento como rede e preservando a insistência na reconstrução dos projetos de cada licenciando, tivessem centro em outras temáticas.

Chama atenção, no entanto, a relativa tranquilidade com que as OFICINAS se desenvolveram. Como em qualquer curso, houve tensões pontuais, maior dificuldade por parte de um ou outro licenciando, constantes negociações quanto a prazos para realização de atividades, mas nada que pudesse se assemelhar a algum tipo de resistência ao desenvolvimento da temática proposta pelo professor. Pelo contrário, os licenciandos mantiveram sempre a postura de encarar tal temática como um instigante desafio de aprendizagem e reaprendizagem. Claro que a necessidade de aprovação (afinal, trata-se de uma disciplina da grade curricular!) pode ter tido razoável influência na adoção de tal postura. Nesse sentido, ganha valor a referida atividade não obrigatória de avaliação do curso feita na OFICINAS_V7 após a entrega de notas e faltas.

Fato é que ao longo das sete versões das OFICINAS foram elaborados 93 projetos que, com maior ou menor extensão e profundidade, atenderam a ideia central de utilizar a física quântica como veículo privilegiado para se tecer redes conceituais e que fortalecem a

argumentação desenvolvida no item 4.4 (ver página 129) acerca das múltiplas possibilidades de se elaborar sequências didáticas baseadas nessa ideia.

5.2 A DISCIPLINA ESTRUTURA DA MATÉRIA

Estrutura da Matéria (ESM) é uma disciplina do quinto semestre da Licenciatura em Física do IFSP-SP, que apresenta o seguinte texto em sua ementa:

Estudamos nesse espaço curricular processos tecnológicos de transformação e manipulação dos materiais que resultaram no estabelecimento da física moderna no início do século XX e contribuíram para o advento da Terceira Revolução Industrial. O curso se propõe a desenvolver um estudo da modelagem microscópica da matéria abordando princípios gerais da física e a aplicação de leis para a descrição de propriedades físicas dos materiais. As atividades de estudo e os experimentos propostos auxiliam a compreensão dos efeitos dos campos magnéticos na matéria (diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo, domínios magnéticos), os fenômenos de interação luz-matéria nas regiões do visível, do infravermelho e do ultravioleta, a análise espectral de elementos, a descoberta do elétron (experimento com Tubo de Crookes), efeito fotoelétrico, espalhamento Rutherford. A natureza histórica e social da construção desses conhecimentos e sua relevância para a compreensão do mundo contemporâneo possibilitam, além de uma percepção evolutiva das técnicas científicas, uma conexão da física com outras áreas do conhecimento humano. (IFSP-SP, Ementa – ESMZ5, 2012).

Com uma carga horária de 5 aulas semanais, sendo 3 previstas como aulas teóricas e 2 como prática experimental, ESM inaugura, juntamente com a disciplina *Física Moderna* (FMO) o contato do licenciando com a física quântica. Nos outros três semestres do curso o mergulho na física quântica continua com as disciplinas *Física Atômica e Molecular* (FAM), sexto semestre, *Física do Estado Sólido* (FES) e *Física Nuclear e de Partículas* (FNP), sétimo semestre, *Astronomia e Astrofísica* (AST), oitavo semestre. Vê-se, assim, que embora tenha presença importante no currículo da Licenciatura em Física do IFSP-SP, a física quântica somente é introduzida na segunda metade do curso, refletindo a padronizada concepção da necessidade de consolidação dos conceitos associados à física clássica como pré-requisito básico ao ensino da quântica.

Tendo sido responsável pelas aulas experimentais semanais ao longo de dois semestres consecutivos (2010_02 e 2011_01), assumi a disciplina em seu conjunto nos quatro semestres sucessivos, delineando um plano de trabalho que passava por apresentar uma visão panorâmica da fenomenologia quântica e de suas aplicações e implicações na vivência contemporânea. Pretendia-se, assim, não apenas cumprir o programa estabelecido pela referida ementa, mas extrapolá-lo, abrangendo também noções de física nuclear e das propriedades dos materiais semicondutores, de forma que o licenciando terminasse ESM com

razoável percepção dos assuntos a serem abordados nas demais disciplinas curriculares associadas ao estudo da física quântica.

Atrelada, de qualquer forma, a conteúdos específicos e desvinculada da prática experimental permitida pelos estágios, tardou-se em perceber a rica contribuição que o trabalho com a disciplina poderia trazer à pesquisa de doutoramento que se desenvolvia. Faz-se apropriado, portanto, realçar a ressalva anunciada na introdução deste capítulo quanto ao amadurecimento teórico da pesquisa em concomitância ou mesmo posterior às práticas aqui expostas e analisadas.

5.2.1 As radiações como teia quântica

À luz das contribuições de Machado (2004) discutidas no item 4.2 (ver página 103), a conquista da referida visão panorâmica seria em muito facilitada a partir de um mapeamento de relevâncias, de forma que ao mesmo tempo em que toda a quântica estivesse nele projetada, algumas de suas regiões ou pontos se destacassem com maior luminosidade de forma a melhor guiar os caminhos da viagem requerida. É aqui que o já comentado uso do texto *Radiações, materiais, átomos e núcleos* (ver página 112) ganha maior contexto, valendo realçar a escolha nele feita das radiações como tema de sua estruturação:

[...] a observação das radiações e de seus efeitos tem sido um de nossos principais veículos, senão o principal, para a revelação da constituição da matéria e de sua organização. Assim, pode-se dizer que nossa capacidade de “enxergar” o átomo e seu interior é sinônimo de percepção das radiações por ele emitidas. É analisando com precisão cada vez maior as radiações emitidas por diferentes materiais ou a radiação que se espalha para todas as direções do Universo, que podemos elaborar hipóteses sobre a estrutura do átomo e também sobre a estrutura do núcleo atômico e das partículas que o constituem. Também ao investigar a estrutura do cosmo, em decorrência da grande explosão, ou big-bang, o que podemos ver, outra vez, é a radiação “de fundo”, resquícios da “bola de fogo” primeva, origem de tudo o que existe.

Talvez, por si só, essa constatação já justificaria a escolha das radiações como tema de estruturação de um fascículo sobre FMC e palavra de abertura de seu título. Porém, ainda mais importante que isso é que a presença expressiva das radiações nas atividades do homem moderno torna o tema um ótimo canal para a exploração do contexto vivencial do jovem leitor [...]. (CANATO JR., 2003, p. 77-78)

De forma similar à caracterização da física quântica como tecido de várias redes e à proposição de nela apostar como veículo privilegiado no estabelecimento de redes conceituais no ensino de física em geral, o programa desenvolvido em *Radiações, materiais, átomos e núcleos* tem foco no uso das radiações como tecido da rede composta pelos fenômenos e conceitos diretamente associados ao desenvolvimento da física quântica. Uma forma de

salientar tal enredamento é utilizar a técnica descrita no item anterior e visualizar as nuvens de palavras correspondentes aos quatro capítulos desse texto após suas respectivas “minerações” (figura 61). Além do vocábulo “radiacao” aparecer isoladamente como destaque central nas nuvens de palavras dos capítulos de início e de fim e com relativo destaque nas nuvens associadas aos capítulos intermediários, há diversos outros termos em realce que são diretamente vinculados à temática das radiações, sejam elas eletromagnéticas (como “raios-X”, “luz”, “infravermelho” e “transparencia”) ou corpusculares (como “raios-gama”, “particula-alfa”, “particula-beta”).

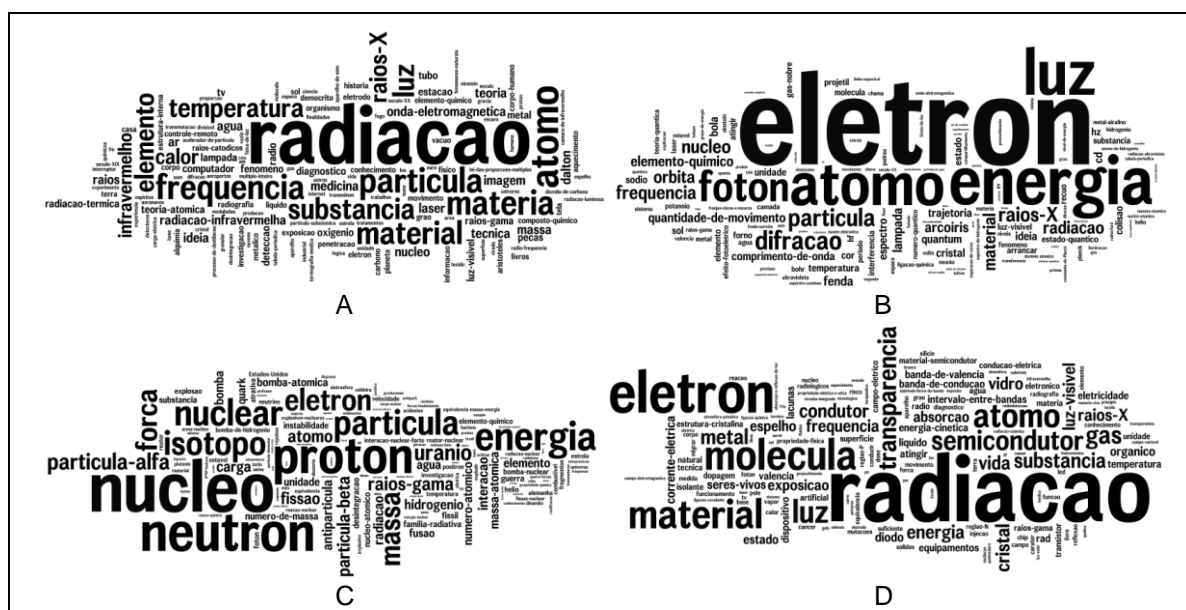


Figura 61 – Nuvens de palavras correspondentes aos quatro capítulos de *Radiações, materiais, átomos e núcleos* após processada sua “mineração”: A – As radiações e a matéria (cap.1); B – O átomo quântico (cap.2); C – As radiações, o núcleo atômico e suas partículas (cap.3); D – Estrutura da matéria e propriedade dos materiais (cap. 4).

Mesmo quando realizadas minerações mais agressivas, com a exclusão progressiva dos termos mais frequentes (como “radiacao”, “eletron” e “nucleo”), as radiações eletromagnéticas e corpusculares continuam ocupando presença de destaque nas nuvens de palavras (figuras 62 e 63). Além disso, em consequência dessas supressões progressivas, termos como “vida”, “medicina”, “arcoiris”, “bola”, “CD” e “bomba-atômica”, ganham gradual valorização revelando a contextualização do texto quanto a diversos aspectos da vivência contemporânea. Assim analisado, o texto evoca a metáfora rizomática, com as radiações e a vivência contemporânea se apresentando como nutrientes que circulam por seus canais e dão contexto e efetivo significado aos conceitos e fenômenos que deles brotam.

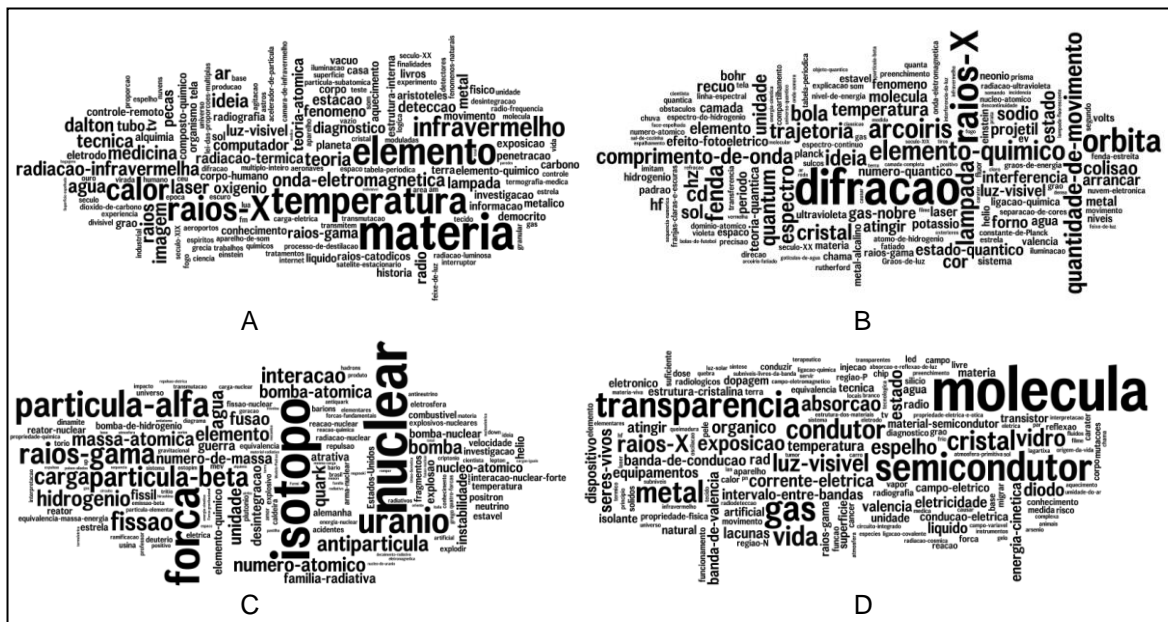


Figura 62 - Nuvens de palavras correspondentes aos quatro capítulos de *Radiações, materiais, átomos e núcleos* após processada sua “mineração” mais agressiva, com a exclusão dos termos de maior frequência nas imagens apresentadas na figura 61.

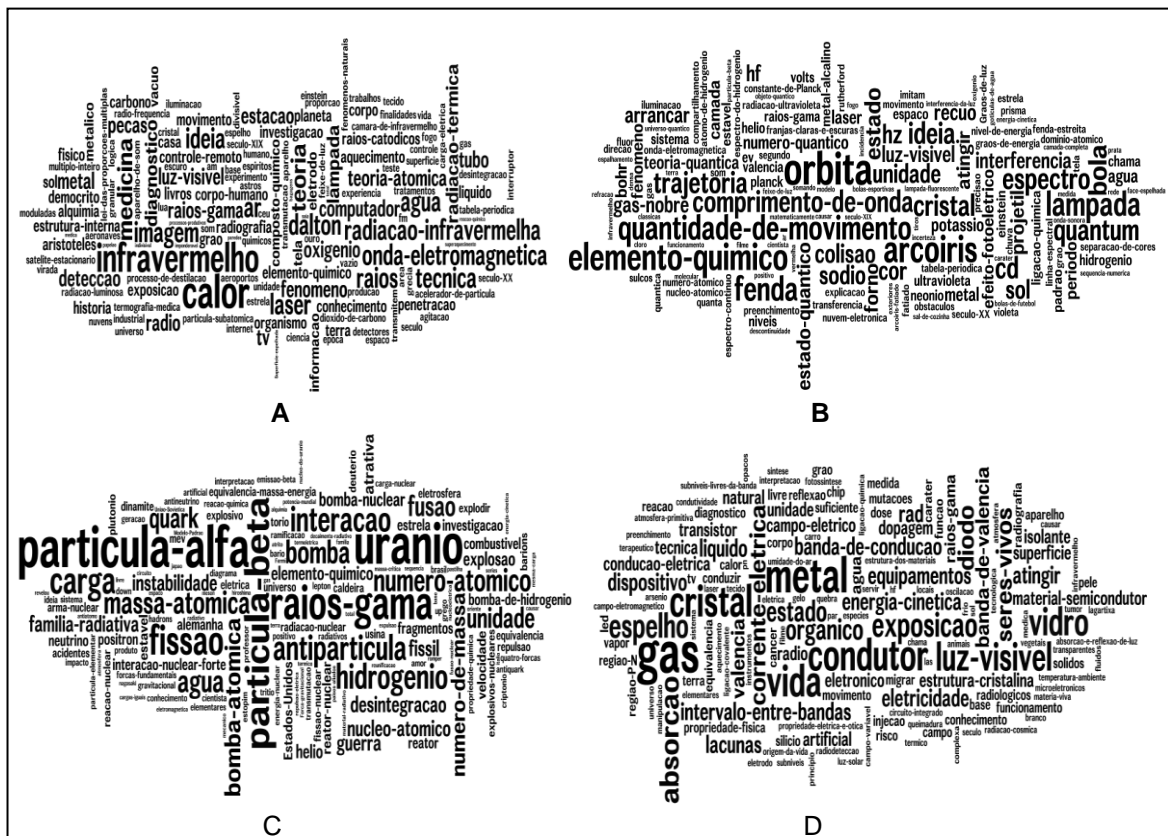


Figura 63 - Nuvens de palavras correspondentes aos quatro capítulos de *Radiações, materiais, átomos e núcleos* após processada sua “mineração” ainda mais agressiva com a exclusão dos termos de maior frequência nas imagens apresentadas na figura 62.

Ainda que o curso de ESM não tenha seguido página a página o texto de *Radiações, materiais, átomos e núcleos*, sendo dele extraído alguns excertos, fato é que as estruturas do curso e do texto em muito se assemelharam, sendo justo anunciar uma dificuldade quanto ao histórico do processo de planejamento: teria sido o pensar sobre o programa desejado para o curso que levou à opção de utilizar o referido texto ou a intimidade autoral para com tal texto é que teria motivado a elaboração das aulas e atividades desenvolvidas em ESM?

Seja como for, e sem ter na época a clareza hoje obtida quanto aos aportes teóricos de Machado (2004), pode-se dizer que a opção feita em ESM foi mediar o tecer da rede de significados dos licenciandos apostando nas radiações como “carro-chefe” do mapeamento de relevâncias norteador das narrativas desenvolvidas ao longo do curso.

Exemplo dos excertos de *Radiações, materiais, átomos e núcleos* utilizados em ESM pode ser visto no APÊNDICE G em que a solução de Bohr para o problema dos espectros descontínuos é apresentada em linguagem direta e contextualizada à vivência contemporânea. Direta seja por evitar referências às fórmulas de Balmer e Rydberg que antecederam os estudos de Bohr, seja por desviar da densidade conceitual envolvida nas demonstrações matemáticas relacionadas à teoria do átomo planetário. Contextualizada à vivência contemporânea por incorporar à discussão teórica fenômenos, como o arco-íris, e tecnologias, como as lâmpadas de iluminação pública. Longe de qualquer desprezo pelo cálculo matemático ou pela história da ciência, com o uso de tal linguagem tem-se a intenção de evitar o rompimento do “diálogo com o leitor, focalizando sua atenção no que de fato é essencial para o ganho de uma visão básica da teoria quântica e, portanto, fundamental para a compreensão de uma série de processos e tecnologias modernos” (CANATO JR, 2003, p. 81) discutidos ao longo de *Radiações, materiais, átomos e núcleos*.

Elaborado para o nível médio de ensino e componente de coleção bem avaliada no *Guia de Livros Didáticos* (BRASIL, 2011), faz-se pertinente indagar acerca da adequabilidade deste material para uso no ensino superior. Lembrando da pretendida visão panorâmica norteadora do plano de trabalho em ESM, pode-se responder que além de auxiliar no alcance de tal objetivo, as leituras dialogadas do texto suscitaram, ao longo do curso, diversas discussões sobre como inserir física quântica no currículo da escola média, aspecto saudável para uma disciplina componente de uma licenciatura em física.

5.2.2 Perguntas quânticas

Diferentemente das OFICINAS em que a versão final do PROJETO sintetizava boa parte das atividades realizadas ao longo do curso, ESM contou com um espectro de instrumentos de avaliação que, embora tivessem sua inter-relação promovida pela presença das radiações como “pano de fundo”, não se apresentavam unificados em uma produção discente final.

Dada a relevância da crítica de Demo (2012) à tradicional aplicação de provas, é pertinente registrar que dentre o leque de instrumentos utilizados, a prova foi progressivamente perdendo terreno, passando de uma composição de duas atividades, uma individual e outra em grupo, que totalizavam valor equivalente a 50% da nota final do aluno na turma de 2011_02, para atividades em grupo de valoração total abaixo dos 20% nas duas turmas subsequentes, até à sua não aplicação na turma de 2013_01. Curioso e sintomático da presença ainda arraigada do instrucionismo no IFSP-SP era o fato de que, vez ou outra, alunos menos frequentes às aulas perguntassem se eu já havia marcado a data da prova, como se o mais importante, senão a única coisa que importasse, fosse a aplicação das provas. Digo “ainda arraigado”, em vista de alguns diferenciais presentes na grade curricular da Licenciatura em Física do IFSP-SP, tais como uma importante ênfase nas habilidades de experimentação e o vínculo de parte dos estágios com oficinas de projetos de ensino, fatores que tendem a promover avaliações mais qualitativas.

É pertinente ponderar que esse progressivo abandono da aplicação de provas em ESM não se deu por influência da referida crítica de Demo (2012), somente por mim reconhecida já em meio ao afastamento das aulas no IFSP-SP. Mesmo após tal reconhecimento, vale lembrar a ponderação deste mesmo autor de que não é na prova “em si” que reside o problema, mas em seu uso instrucionista como único ou mesmo principal instrumento de avaliação. Provas bem elaboradas, reflexivas e, sempre que possível, sujeitas à refacção após uma primeira correção, podem também servir ao propósito de incentivar a emergência daquele conhecimento tácito analisado por Machado (2005). Meu progressivo afastamento da aplicação de provas em ESM deu-se muito mais em virtude do objetivo de proporcionar mais tempo e maior valorização à aplicação de diferentes instrumentos de avaliação. Em outras palavras, conforme ganhava experiência com o ensino superior, percebia que o modo como o licenciando encarava o processo de avaliação não é lá muito diferente do que ocorre no ensino básico, com sua disposição para a realização das atividades propostas estando muito vinculadas à sua valoração como nota. Outra face do mesmo instrucionismo, talvez.

Fato é que conforme ESM se afastava da formalidade da prova escrita, nela eram incorporadas atividades mais reflexivas, movimento que teve como ápice a orientação, junto à turma de 2013_01, de pesquisas acerca das “*perguntas quânticas*” apresentadas no quadro 15, questões instigadoras de um mergulho na intimidade quântica da matéria.

Quadro 15 – Questões-problema apresentadas aos licenciandos participantes de ESM_2013_01 e que ao longo do curso ganharam o codinome de “*perguntas quânticas*”.

- (a) Quais as principais diferenças se imagina haver entre a atmosfera primitiva e a de hoje e como isso interferiu na origem da vida e no tipo de radiação que hoje nos atinge?
- (b) Por que a luz solar provoca a fotossíntese nas folhagens, o bronzeamento na pele e a opacidade na lente fotocromática?
- (c) Por que a técnica da difração de raios X foi fundamental na descoberta da estrutura do DNA e quais suas diferenças para com a técnica envolvida com a microscopia eletrônica e óptica?
- (d) Por que as folhagens de quase todas as plantas são verdes, enquanto suas flores têm diversidade tão grande de cores?
- (e) Por que o carbono é tão importante para a vida e o silício tão importante para a microeletrônica?
- (f) O que é luz síncrotron e como ela é utilizada para investigação da estrutura de proteínas e biotecnologia em geral?
- (g) Como funcionam os sensores que controlam a iluminação automática de ruas, corredores e escadas de edifício, a abertura de portas de lojas, aeroportos e elevadores e o acionamento pelo controle remoto de recursos de uma televisão?
- (h) Quais as diferenças conceituais entre fosforescência, fluorescência e eletroluminescência e quais suas aplicações?
- (i) Por que o vidro é transparente à luz visível e isolante elétrico, ao passo que um metal é opaco à luz visível e ótimo condutor elétrico?
- (j) Por que enxergamos apenas do vermelho ao violeta e por que se pode dizer que a cor que se enxerga depende de nossa percepção?

A proposta de trabalho com tais questões envolveu a escolha de uma delas por parte de cada licenciando como tema central de pesquisa a desenvolver-se ao longo de todo o semestre, com exposição regular em fórum do ambiente *fisicaemrede.com* da evolução do aprendizado. Com a turma efetivamente composta por apenas sete licenciandos, a ordem com que acima se apresentam as *perguntas quânticas* já corresponde a esse processo, com as sete primeiras questões tendo sido as escolhidas.

Como forma de melhor orientar o rumo dessas pesquisas, após algumas semanas da distribuição das *perguntas quânticas*, a elas se associaram questões decorrentes, muitas das quais formuladas como fruto da investigação paralela que o próprio professor orientador realizava acerca de cada um dos temas propostos. Como exemplo, o quadro 16 apresenta as

perguntas decorrentes referentes à primeira daquelas *perguntas quânticas* contidas no quadro 15.

Quadro 16 – Perguntas decorrentes da questão-problema “*Quais as principais diferenças se imagina haver entre a atmosfera primitiva e a de hoje e como isso interferiu na origem da vida e no tipo de radiação que hoje nos atinge?*”

- (a) Por que a camada de ozônio absorve radiações UV?
- (b) Por que o dióxido de carbono é transparente à luz visível emitida pelo Sol, mas opaco à luz infravermelha emitida pela superfície terrestre?
- (c) Por que o nitrogênio presente na atmosfera não pode ser diretamente utilizado pelos organismos vivos e de que forma ele é convertido para formas químicas que tornam tal uso possível?
- (d) Por que a ação da radiação solar destruiu boa parte das moléculas de metano e de amoníaco presentes na atmosfera primitiva?

Ao final do semestre, coube ao licenciando apresentar um seminário centrado na resposta à sua *pergunta quântica*, incluindo-se as perguntas dela decorrentes, além de outras questões ou tópicos julgados procedentes pelo próprio licenciando. Realizados os seminários, a sequência de atividades foi encerrada com um questionário *online* composto de questões abertas que buscavam verificar a apreensão de cada licenciando para com as respostas apresentadas pelos demais colegas, bem como para com a percepção do enredamento conceitual inerente ao conjunto das *perguntas quânticas*. Os itens desse questionário, as correspondentes respostas apresentadas pelos licenciandos e o conjunto das sete *perguntas quânticas* escolhidas, acompanhadas das respectivas questões decorrentes, podem ser observadas no APÊNDICE H.

A falta de coesão ou coerência presente em muitas das respostas postadas pelos cinco licenciandos que atenderam à tarefa do referido questionário pode ser creditada tanto a características da própria turma de alunos (pequena, mas muito instável tanto na frequência às aulas como na realização de atividades), como a prováveis inadequações didáticas promovidas pelo orientador, tal como o excesso de atividades propostas ao longo do semestre. Tratou-se, de qualquer maneira, de uma avaliação processual que impôs uma dinâmica ao processo de ensino e aprendizagem, decerto instigadora de melhor articulação da rede de significados própria a cada licenciando e ao orientador.

Lembrando de que esta tese objetiva muito mais apresentar proposições didático-pedagógicas do que análises de resultados da aprendizagem desenvolvida pelos licenciandos, os principais ganhos obtidos com a atividade das *perguntas quânticas* vinculam-se à reafirmação do já comentado papel das radiações no enredamento da quântica e à

exemplificação de possibilidades de trabalho com a fenomenologia quântica com centro em suas aplicações e implicações na vivência contemporânea, aspecto que inclusive valoriza os conceitos tradicionalmente abordados no ensino da quântica enquanto objetos mais significativos.

5.2.3 Um feixe de atividades

Além de restrito à turma de 2013_01, o trabalho com as *perguntas quânticas* foi único em termos da extensão de um mesmo instrumento de avaliação por todo um semestre. Diversas atividades mais pontuais, para resolução imediata ou com prazo de conclusão estabelecido em torno de quinze dias, foram trabalhadas em ESM.

Já anunciados no item 4.3 desta tese (ver página 123), os passatempos *Hot Potatoes* integrados ao ambiente *Moodle* constituíram parte importante desse conjunto de atividades. Além das palavras cruzadas, o programa permite a elaboração de questões de múltipla escolha, associação de colunas, preenchimento de lacunas e reordenamento de palavras ou expressões, funcionalidades todas utilizadas junto aos licenciandos de ESM e com exemplos impressos apresentados no APÊNDICE I.

Independentemente do *Hot Potatoes*, o próprio *Moodle* possui módulos, habilitados em sua instalação padrão ou por incorporação de ferramentas encontradas na “comunidade *Moodle*”, que permitem a elaboração e aplicação de atividades interativas, tais quais as apresentadas nas figuras 64 e 65: a primeira em que o clique do mouse em “Escolher” revela títulos de fenômenos dispostos à direita que devem ser associados às descrições alinhadas à esquerda (similar à associação de colunas possibilitada pelo *Hot Potatoes*); e a segunda em que se devem associar as imagens de cientistas aos contextos referentes às suas notórias contribuições ao desenvolvimento da física (alternativo ao *Hot Potatoes* no que se refere à possibilidade de arrastar algumas imagens para “dentro” de outras)³⁵.

³⁵ Diferentemente dos passatempos *Hot Potatoes*, estas ferramentas configuram-se como tipos de questões internas aos questionários disponibilizados pela instalação padrão do *Moodle*, os quais impõem restrições a qualquer tentativa de resolução por parte de visitantes, implicando que tais atividades, disponíveis para acesso interativo através do endereço <<http://fisicaemrede.com/course/view.php?id=15&topic=4>> (Acesso em 31. Mar. 2014), somente possam ser acessadas por usuários registrados no *site* e inseridos no espaço de trabalho em que elas estejam alocadas.

Associe cada fenômeno à descrição que melhor o represente

Partículas como os elétrons são férmions, não podendo ocupar o mesmo estado quântico quando confinadas em um átomo	Escolher...
Luz de frequência suficientemente alta pode arrancar elétrons de uma superfície	Escolher...
Transmutação de um elemento químico em outro por emissão de partículas desde o núcleo atômico	Escolher...
A energia liberada nas fusões e fissões nucleares corresponde à diferença de massa entre produtos e reagentes	Escolher...
Fótons de raios-X perdem energia ao produzirem espalhamento de elétrons de modo a conservar a quantidade de movimento do sistema	Escolher...
Quanto menor o comprimento de onda de um fóton incidente sobre um elétron, maior a quantidade de movimento por ele adquirida	Escolher...
A cor da luz emitida por determinados objetos (uma pequena abertura de um forno metalúrgico, por exemplo), tende ao branco azulado para temperaturas elevadas e ao vermelho-amarelado para aquecimentos moderados, independentemente do material com que seja constituído	Escolher...
Assim como a luz pode arrancar elétrons de um metal, elétrons podem sofrer difração ao atravessarem determinados materiais	Escolher...
Elementos químicos cujas distribuições eletrônicas correspondam a iguais quantidades de elétrons em seus níveis quânticos de maior energia, possuem semelhantes propriedades físico-químicas	Escolher...
Cada elemento químico tem uma distribuição eletrônica por níveis quânticos de energia que lhe é própria, com cada transição eletrônica entre dois níveis correspondendo à emissão ou absorção de um fóton de energia dada pelo correspondente desnível energético	Escolher...

Escolher...

- Dualidade onda-partícula
- Periodicidade dos elementos químicos
- Equivalência massa-energia
- Espectro descontínuo
- Problema do corpo negro
- Princípio da indeterminação
- Efeito Compton
- Efeito fotoelétrico
- Radioatividade
- Princípio da exclusão

Escolher...

Figura 64 - Questão *online* de associação de colunas.

Associe a imagem do cientista à figura que melhor expresse sua contribuição ao desenvolvimento da Física

(com o mouse arraste as figuras dos cientistas posicionando-as dentro de uma das imagens da faixa superior)

Figura 65 - Questão *online* de associação de imagens.

Ainda resgatando ações previamente anunciadas, o uso dos simuladores virtuais teve destacada presença em todos os semestres trabalhados com ESM. A atividade relativa ao modelo atômico de Bohr descrita no item 4.3 deste texto (ver página 121) é já um exemplo do trabalho com simulações computacionais não reproduzíveis em laboratório físico. Boa parte dos simuladores opera, no entanto, de acordo com situações que poderiam ser realizadas com

equipamentos de base material. É o caso dos aplicativos que simulam os experimentos de Franck-Hertz sobre os níveis quânticos de energia e de Millikan sobre a determinação da carga do elétron, ambos trabalhados em ESM nas versões física e virtual. Longe de uma mera repetição, enquanto a versão física propicia a visualização das reais dimensões do equipamento e exige os devidos cuidados com seu manuseio e com eventuais erros de medida, a versão virtual geralmente permite trabalhar com mais variáveis, ampliar as dimensões do objeto de estudo e simular movimentos não perceptíveis no experimento.

É, por exemplo, bem conhecido o trabalhoso processo da contagem de tempo de subida e de descida das gotas de óleo na câmara de Millikan que, para ser bem sucedido, exige condições como ambiente escuro, mesa de trabalho nivelada horizontalmente e sem trepidações, controle da temperatura e da iluminação internas à câmara e escolha de uma gota, dentre as milhares disponíveis, que seja adequada ao seguimento de seu movimento por atentos olhos que, acoplados à lente ocular do equipamento, determinarão o preciso momento do disparo e do desligamento do cronômetro, associados ao controle do seletor de voltagem. No uso do simulador utilizado em ESM todo esse trabalhoso processo é evitado, com apenas uma gota entrando por vez na câmara ao clicar do mouse, em uma sala plenamente iluminada, com ou sem trepidações, com o *software* já fornecendo um gráfico representativo do movimento realizado pela gota e, a depender da versão utilizada, permitindo observações com e sem ar dentro da câmara.

Não há demérito em nenhuma das duas atividades. Pelo contrário, sua combinação, concretizada pelos roteiros disponibilizados no APÊNDICE J, permitiram melhor orientar o licenciando em seu processo de aprendizado. Houve, sim, escolha quanto ao recorte dos assuntos trabalhados ao longo do curso. A opção em se trabalhar nesta via dupla com algumas atividades provocou a necessidade de conscientemente selecionar para as práticas de laboratório apenas alguns dos diversos fenômenos que compõem o campo de estudo de ESM.

Atividade não citada anteriormente, embora baseada em texto já apresentado, é o jogral realizado com o capítulo “*Átomos no Vácuo*” de *Alice no País do Quantum* (ver também página 107). Distribuindo entre os licenciandos os trechos correspondentes às falas dos elétrons, fótons e outros personagens, lia-se dinamicamente o texto para depois realizar ampla discussão sobre as diversas analogias utilizadas pelo autor. Aplicada na segunda metade do curso, objetivava-se utilizar a narrativa de Gilmore (1998) como uma espécie de revisão e síntese das discussões realizadas nas aulas precedentes sobre as características quânticas dos átomos e elementos químicos.

Como forma de avaliar a compreensão alcançada pelos licenciandos, a atividade se encerrava com a aplicação de questões que exploravam a relação entre determinados trechos do texto e algumas daquelas características. O seguinte trecho era, por exemplo, realçado a fim de que o licenciando elaborasse um texto a fim de demonstrar seu aprendizado sobre como a incrível unicidade de elétrons, prótons e nêutrons se relaciona com a também incrível diversidade de cheiros, cores, sabores e texturas que nos brinda a natureza:

“Parece que há muita cooperação entre os dois lados”, concordou Alice, com diplomacia. “Qual de vocês é o elétron que veio do átomo de sódio?”, ela perguntou.

“Sou eu”, gritaram todos ao mesmo tempo. Por um momento, todos fizeram silêncio e olharam-se entre si. “Não, é ele”, disseram todos, em perfeito uníssono. Alice percebeu que não havia por que fazer perguntas que tentavam diferenciar elétrons idênticos.

Outro trecho explorado na atividade é o que segue, sobre o qual se solicitava a explicação do significado da expressão “ $\Delta x \cdot \Delta p \geq h/4\pi$ ” vinculada ao princípio da incerteza:

Perto dela estavam dois elétrons, imersos em intensa e agitada atividade. Em volta deles, ela pôde distinguir o leve contorno de um escritório pequeno e lotado. “Com licença”, ela disse. “Será que poderiam parar por um momento e me dizer onde estou?”

“Não há espaço, não há espaço”, eles responderam.

“Desculpe-me, mas não entendi”, ela reclamou, sem achar sentido na resposta que tinha recebido.

“Não há espaço aqui para diminuirmos a atividade, muito menos para parar” eles responderam. “Como você sabe, quando a posição de uma partícula é restrita, a relação de Heisenberg faz com que seu momentum seja grande, e está tão apertado aqui dentro que não temos escolha a não ser continuar a nos movermos. Se tivéssemos tanto espaço quanto nos níveis superiores, poderíamos nos movimentar mais livremente, mas aqui é impossível. Este é o nível mais baixo e por isso espera-se que estejamos sempre muito ocupados.”

A expressão “ $E = -13,6/n^2$ ”, que determina as energias permitidas aos níveis eletrônicos, era também revisitada a partir de três perspectivas: (a) o aumento das diferenças de energia entre os estados quânticos eletrônicos de um átomo conforme diminuem os valores dos números quânticos principais ($E_2 - E_1 > E_3 - E_2$, por exemplo); (b) o valor negativo atribuído às energias potenciais dos elétrons internos ao átomo; (c) a emissão ou absorção de fótons por elétrons que saltam entre os níveis quânticos de energia do átomo, cujas *gaps* energéticas determinam a frequência daqueles fótons. Tais perspectivas estão respectivamente associadas aos três parágrafos abaixo:

Ao cair, Alice percebeu que tinha bastante tempo para olhar à sua volta. Os lados do poço iam ficando cada vez mais inclinados e se aproximavam dela. Alice logo percebeu que estava caindo através do contorno transparente de uma série de salas com pés-direitos muito baixos. As primeiras salas eram bem baixas mesmo, baixas

demais até para uma casa de bonecas, mas quanto mais ela caía, as salas iam ficando gradualmente mais altas. No começo, estavam totalmente vazias e desertas, mas, depois, ela viu uma sala que tinha uma grande mesa redonda, cercada de cadeiras. No chão, viu escrivaninhas e prateleiras, como se estivesse passando por um tipo de escritório.

“A fonte do potencial, é claro. É preciso ter uma fonte para fornecer a água de um poço no jardim. Aqui, no poço de potencial, uma carga elétrica é a fonte de potencial elétrico. Você já deveria saber o que há no poço. Ele contém fótons virtuais. Eles fornecem a atração elétrica que faz a energia potencial de uma carga negativa ficar cada vez mais abaixo do nível do vácuo que a cerca, enquanto se move na direção da fonte potencial no centro de um átomo. É a fonte potencial que cria o poço, na verdade.”

A essa altura a conversa foi interrompida por um grito que veio de debaixo deles, passou através do nível de valência e, ao final, parou em algum lugar acima deles. Alice olhou para cima e viu que o grito tinha vindo de um elétron, que aparentemente tinha sido excitado por um fóton, saiu de sua posição em um nível mais baixo e, agora, parecia estar muito desconfortável, isolado em um dos níveis de energia mais alto. Ele ficou lá, vagando lentamente pela amplidão do nível até que acabou dando um grito curto e caiu para o nível logo abaixo. Quando isso aconteceu, um fóton saiu correndo do átomo, levando com ele a energia liberada pela queda. Alice observou com interesse que, enquanto o elétron ia caindo de nível, fótons iam sendo emitidos. Porque os níveis de energia mais baixos eram mais separados dos outros, cada queda era maior do que a anterior, e os fótons criados tinham cada vez mais energia, liberada pelas quedas sucessivas. Quanto maior a energia dos fótons, mais sua luz tendia para o lado azul do espectro.

As atividades “*Investigando a inserção da teoria quântica no cotidiano da vida moderna*” (ver também página 148) e “*Ritmo e consequências da inserção da teoria quântica no cotidiano da vida moderna*” (ver página 148), aplicadas originalmente nas OFICINAS, foram também trabalhadas em ESM com resultados similares quanto à boa qualidade das reflexões apresentadas pelos licenciandos.

As radiações nas atividades humanas é o título de outro instrumento aplicado em ESM que visava a postagem em fórum do ambiente *fisicaemrede.com* de exemplos do uso de radiações eletromagnéticas nas atividades humanas condicionados a não estarem presentes em *Radiações, materiais, átomos e núcleos* e não terem sido citados por postagens anteriormente realizadas no mesmo fórum. Ou seja, quanto mais tarde a tarefa era realizada, mais desafiante ela se tornava, pois caberia ao licenciando ler as postagens anteriores a fim de se certificar da originalidade de sua própria postagem. Como representação do bom resultado desta atividade, o quadro 17 apresenta exemplos na época desconhecidos deste pesquisador e que o auxiliaram na ampliação de sua percepção quanto ao “poder de fogo” das radiações no estabelecimento de pontes conceituais. A atividade *As radiações nas atividades humanas* apresentou, assim, algo em comum com a atividade com as *perguntas quânticas* descrita no item anterior: o desenvolvimento das pesquisas pelos alunos retroalimentava minha compreensão relativa às respectivas temáticas.

Quadro 17 – Exemplos de usos das radiações eletromagnéticas nas atividades humanas, conforme postagem em fórum do *fisicaemrede.com* por licenciandos participantes de ESM_2013_01.

- (a) Transmissão de dados *wi-fi* na faixa dos terahertz (“raios T”), entre as micro-ondas e o infravermelho, com promissor uso biomédico na geração de imagens do corpo humano;
- (b) Utilização da radiação ultravioleta na colagem de vidros e na remoção de dados armazenados em memórias EPROM (Electrically Programmable Read-Only Memory);
- (c) Presença em alguns detergentes de impurezas luminescentes que absorvem a radiação solar invisível na faixa do ultravioleta e emitem fótons de luz visível, permitindo uma reação visual de um branco mais intenso após a lavagem;
- (d) Invenção do laser super-radiante de estabilidade até mil vezes maior do que os lasers convencionais com potencial uso no aumento de precisão de relógios atômicos e na otimização das comunicações e sistemas de posicionamento por satélites;
- (e) Determinação da densidade de madeiras por radiação gama de baixa energia;
- (f) Desenvolvimento de sensores ópticos a partir de pesquisa biomimética sobre a capacidade de alguns animais em detectar determinadas faixas de radiação do espectro eletromagnético;
- (g) Uso da gamaespectrometria por empresas e agências agropecuárias na monitoração dos efeitos de processos continuados de fertilização a partir da detecção da radiação gama emitida pela concentração de potássio, urânio e tório em rochas e solos.

Vale, por fim, ponderar quanto ao risco em se superestimar a qualidade das próprias ações e, por isso, não pretender focar as atenções na originalidade ou eficácia das atividades promovidas em ESM. O argumento central que aqui se defende é que na perspectiva do conhecimento como rede, a aposta nas radiações como tecido das conexões internas à física quântica pode facilitar o processo de ensino-aprendizagem relativo a este campo de conhecimento, algo semelhante com a discussão apresentada no item 4.4 acerca do papel que a quântica pode cumprir no ensino e aprendizagem da física como um todo.

5.3 UM AMBIENTE VIRTUAL

Tendo-se apresentado no Capítulo 4 o histórico e características básicas do *fisicaemrede.com*, além da descrição no presente capítulo de algumas atividades nele realizadas, intenciona-se agora expor as ferramentas alternativas disponíveis no ambiente que o destacam frente a instalações padronizadas do *Moodle*.

Duas destas ferramentas são os módulos *Tabdisplay* e *Reflection*, ambos utilizados nas atividades “*Investigando a inserção da teoria quântica no cotidiano da vida moderna*” e “*Ritmo e consequências da inserção da teoria quântica no cotidiano da vida moderna*”, anteriormente já comentadas (ver página 148). Por meio do *Tabdisplay*, orientações de uma sequência de procedimentos podem ser organizadas em abas (*tabs*), conforme ilustrado na figura 66: a partir das orientações internas à aba “Instruções”, os alunos leem o texto de referência apresentado na aba “Contexto”, refletem sobre as questões inseridas na aba

“Problema” e por meio da aba “Reflexões” têm acesso ao *link* para a postagem de suas respostas em fóruns automaticamente organizados pelo sistema.

Instruções Contexto Problema Reflexões

Investigando a inserção da Teoria Quântica no cotidiano da vida moderna

Esta atividade objetiva a reflexão coletiva sobre uma questão elaborada por seu professor a partir de grupos formados automaticamente pelo moodle. Para realizá-la, siga os procedimentos abaixo:

- 1) Vá para aba "Contexto" desta tabela para ler o texto que contextualiza as questões que lhe serão feitas.
- 2) Vá para a aba "Problema" desta tabela para ler as questões sobre as quais terá que refletir.
- 3) Vá para aba "Reflexões" desta tabela, clique no link para a inserção de sua reflexão e, na janela "Envio de tarefas" que surgirá, insira sua reflexão, não esquecendo de clicar em "Salvar mudanças" ao final da edição do texto.
- 4) Uma vez que todos os demais colegas de seu grupo inserirem suas reflexões, um fórum desse grupo será automaticamente criado pelo sistema. Você deve, então, entrar nesse fórum, ler com atenção os comentários de seus colegas e inserir uma resposta a cada um deles, comentando seus pontos de acordo e desacordo, além de outras reflexões que julgar conveniente.
- 5) Uma vez inseridas as respostas às reflexões dos demais colegas de seu grupo, você deve entrar na atividade vinculada à aba "Reflexões" e clicar no botão "Todas as respostas foram inseridas. Hora de enviar a atividade para análise do professor."
- 7) Agora é só aguardar comentários ou novas instruções do professor.

OBS: Observe que as etapas 3 e 4 são imperativamente colaborativas, com a etapa 4 somente sendo disponibilizada pelo sistema aos alunos pertencentes a grupos já formados, sendo a montagem dos grupos feita automaticamente conforme a ordem de inserção das reflexões. Ao inserir sua reflexão, o sistema lhe informará quantos alunos restam inserir reflexões para completar o grupo, com o fórum somente sendo liberado para grupos completos.

Figura 66 - Apresentação de uma sequência de procedimentos por meio do recurso *Tabdisplay*.

A automatização na organização dos fóruns é possibilitada pela ferramenta *Reflection*, um módulo *Moodle* que possibilita uma interessante interação assíncrona. Por meio dela, após a inserção de suas reflexões, os alunos são automaticamente agrupados e encaminhados a fóruns onde devem analisar e comentar as respostas de seus colegas, sendo que tais fóruns são visíveis somente ao professor e aos integrantes de cada grupo, cujo número de participantes é definido pelo professor (figura 67).

Fóruns das atividades de reflexão

(ESM_2011_02) + [ícone] [ícone] [ícone] [ícone]

Atividade 02 - Grupo 1 - Investigando a inserção da Teoria Quântica no cotidiano da vida moderna_Reflexões Fórum

(ESM_2011_02) + [ícone] [ícone] [ícone] [ícone]

Atividade 02 - Grupo 2 - Investigando a inserção da Teoria Quântica no cotidiano da vida moderna_Reflexões Fórum

(ESM_2011_02) + [ícone] [ícone] [ícone] [ícone]

Atividade 02 - Grupo 3 - Investigando a inserção da Teoria Quântica no cotidiano da vida moderna_Reflexões Fórum

(ESM_2011_02) + [ícone] [ícone] [ícone] [ícone]

Atividade 02 - Grupo 4 - Investigando a inserção da Teoria Quântica no cotidiano da vida moderna_Reflexões Fórum

(ESM_2011_02) + [ícone] [ícone] [ícone] [ícone]

Atividade 02 - Grupo 5 - Investigando a inserção da Teoria Quântica no cotidiano da vida moderna_Reflexões Fórum

(ESM_2011_02) + [ícone] [ícone] [ícone] [ícone]

Atividade 02 - Grupo 6 - Investigando a inserção da Teoria Quântica no cotidiano da vida moderna_Reflexões Fórum

(ESM_2011_02) + [ícone] [ícone] [ícone] [ícone]

Atividade 02 - Grupo 7 - Investigando a inserção da Teoria Quântica no cotidiano da vida moderna_Reflexões Fórum

(ESM_2011_02) + [ícone] [ícone] [ícone] [ícone]

Figura 67 – Cópia de parte da tela do ambiente virtual, com usuário na função de professor, mostrando os fóruns automaticamente criados pela atividade *Reflection* para uma turma com 21 alunos distribuídos em grupos de três participantes. Usuários na função de aluno do curso, enxergam apenas o fórum de seu grupo.

A tarefa somente é encerrada após a inserção de pelo menos um comentário à reflexão de cada colega, sendo livre a postagem de réplicas e tréplicas. Se achar por bem, o professor também participa da discussão, inserindo sua própria postagem interna ao grupo. Outra opção é proporcionar uma reflexão final coletiva de toda a turma através da abertura a todos os alunos do conjunto dos fóruns criados durante o desenvolvimento da atividade. Com esta atividade esquiva-se, portanto, da sequência aberta de postagens com que tradicionalmente se caracterizam os fóruns e por meio dos quais a elaboração de novos textos acaba viciada pela visualização dos comentários anteriores.

A fim de facilitar a “usabilidade” e poder comunicativo do ambiente, diversos módulos alternativos à instalação padrão têm sido utilizados. Exemplo disso é o uso do recurso *Accordion*, um módulo que permite a inserção de barras horizontais que se expandem ao clique do mouse e que podem conter textos, apresentações, simulações e vídeos, inclusive na forma *embeded*, isto é, apresentado a partir de outro *website* embora aparente ser parte da página atualmente exposta (figura 68). Aplicação interessante utilizada com alunos de ESM tem sido o uso deste recurso em atividades envolvendo simulações computacionais de física quântica. Em um único *Accordion*, se insere um documento em *pdf* contendo um roteiro dos procedimentos a serem seguidos, um espaço para a simulação rodar e outro espaço para o aluno anotar suas observações. Não fosse isso, já seriam três as janelas abertas no navegador, dificultando a organização do usuário.



Figura 68 - Exemplo de *Accordion*, barra horizontal que se expande ao ser clicada com o mouse revelando textos, apresentações e vídeos nela embutidos.

Outra ferramenta alternativa instalada no *fisicaemrede.com* é o *Onetopic*, módulo que permite a exposição dos diversos tópicos de uma sala virtual em abas visualizadas a partir do clique do *mouse* sobre elas (figura 69). Na instalação padrão do *Moodle*, os conteúdos podem ser organizados apenas por tópicos ou semanas, aparecendo expostos em uma sequência vertical que, a depender da quantidade de recursos e atividades alocados pelo professor ou da extensão temporal do curso, pode dificultar em muito a visualização do usuário.

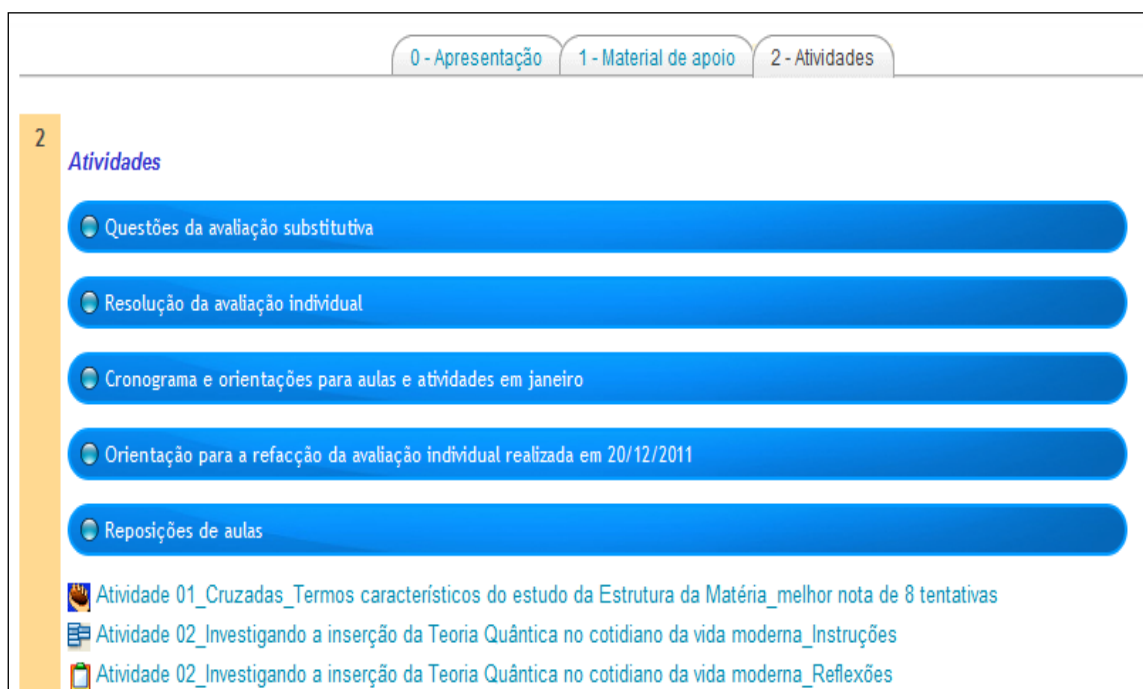


Figura 69 - Sala virtual configurada no formato *onetopic*, contendo três abas e estando exposta a aba “atividades”.

A fim de preservar o sigilo de algumas informações (como a publicação de uma planilha de notas), mas sem impedir a visão global do ambiente por parte do visitante, tem-se utilizado o *FN sitegroups*, módulo alternativo que permite a formação de agrupamentos válidos para todo o ambiente e não para apenas um de seus espaços. Assim, formado um determinado *sitegroup* por uso desse módulo, com um simples clique do *mouse*, seus integrantes podem ser inscritos de uma só vez em uma sala virtual, sendo que nessa sala podem coexistir diversos *sitegroups*, cada um com a liberdade de visualização restringida conforme determinação do professor. Tal restrição, aliás, é disponibilizada por meio da ativação da funcionalidade *groupings* ou “agrupamento de grupos”, ferramenta que a instalação padrão do *Moodle* deixa desabilitada.

A comunicação interna via *Quickmail* (correio rápido) é outra versatilidade incorporada ao *fisicaemrede.com*. Por meio deste módulo, tem-se ampliada a capacidade de envio de mensagens eletrônicas por dentro do *Moodle*, funcionando como um verdadeiro cliente de email, inclusive com o reconhecimento dos agrupamentos de usuários existentes no ambiente e possibilitando que se selecione um determinado grupo para envio de uma mensagem específica a esse coletivo.

O *design* do ambiente também foi trabalhado a fim de facilitar sua navegação interna, com a instalação e customização do tema *Aardvark-Liteheaded* que permite o uso de menus suspensos disponíveis na parte superior de todas as páginas do *website* e com o aprendizado de códigos da linguagem HTML (*HyperText Markup Language*) que possibilitaram boa flexibilidade no trato de tabelas e ícones dispostos na página de entrada do ambiente (figura 70).

Figura 70 – Menus suspensos (na figura ativado o menu “Passatempos e jogos”) e ícones são facilitadores da navegação interna ao *fisicaemrede.com*.

Vale notar que o *fisicaemrede.com* tal qual aqui descrito tem como base a versão 1.9.15+ do *Moodle*, encontrando-se desatualizado frente a diversas modificações presentes nas versões 2.0 e superiores, sendo a necessária atualização um dos desafios que se apresenta

para este ambiente virtual. Desafio, pois, embora as versões mais recentes do *Moodle* contenham diversas funcionalidades inovadoras incompatíveis com as versões anteriores, muitos dos módulos acima descritos são, por sua vez, incompatíveis com tais novas versões.

Tais incompatibilidades revelam bem, aliás, uma contradição presente no desenvolvimento do *Moodle*. Sendo de estrutura modular e de código aberto, possibilita e incentiva a existência de inúmeras contribuições de *moodlers* espalhados ao redor do mundo que além de identificarem *bugs* e sugerirem modificações no código fonte do programa, elaboram e disponibilizam para *download* gratuito diversos módulos alternativos aos presentes na instalação padrão do programa, permitindo grande liberdade aos administradores de ambientes *Moodle* na escolha dos módulos que melhor atendam às suas necessidades e preferências. No entanto, tais módulos alternativos nem sempre são atualizados, levando *sites* que amplamente os utilizam a um maior distanciamento para com as modificações contidas nas novas versões do *Moodle* frequentemente lançadas no *website* oficial do programa. Reflexo disso é que embora as versões “2.x” existam desde 2010, as versões “1.9.x” ainda predominam nos *sites Moodle* oficialmente registrados (ver figura 71).

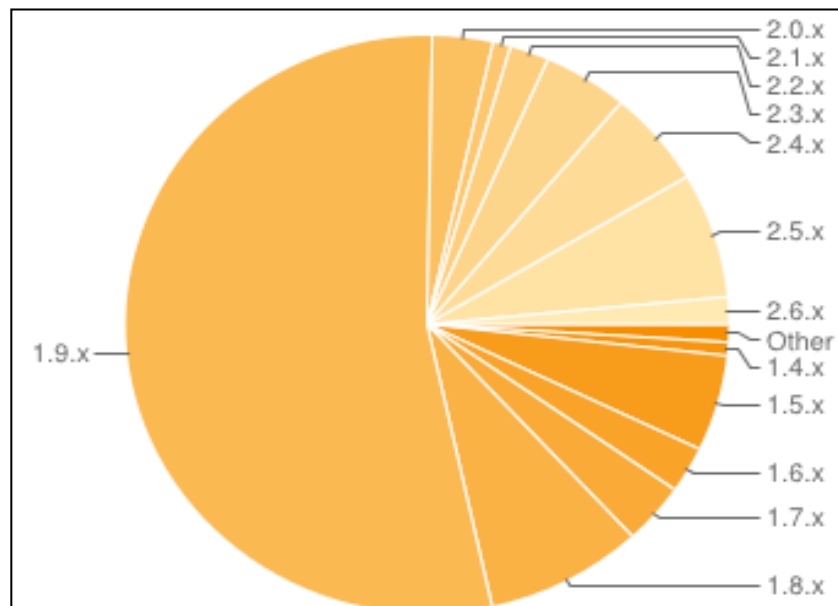


Figura 71 – Apesar de disponíveis desde 2010, as versões “2.x” ainda se apresentam restritas a uma parte minoritária dos cerca de 70 mil sites *Moodle* oficialmente registrados (conforme dados apresentados em <<https://moodle.org/stats/>>, Acesso em 05 Mar. 2014)

Desafio talvez ainda maior reservado ao *fisicaemrede.com* seja sua melhor adequação aos aportes teóricos vinculados às pesquisas sobre aprendizagem em rede, tais como as

características interativas propostas por Franco e Lessa (2012) comentadas no Capítulo 4 (ver página 127). É bem verdade que algum percurso já se fez nesse trilha, com o ambiente apresentando razoável liberdade de navegação interna, tendo uma topologia muito mais distribuída do que centralizada e possuindo um *design* que facilita o acesso do usuário registrado (e mesmo ao visitante não registrado) ao assunto por ele desejado. A exemplo do módulo *Reflection* há pouco descrito, o ambiente conta também com algumas ferramentas que potencializam atividades educacionais que visem a colaboração e interação entre os estudantes.

Apesar dessas características e do intenso uso que tenho feito do ambiente junto aos licenciandos do IFSP-SP participantes dos cursos por mim ministrados, tem sido dificultoso o convencimento quanto a um maior engajamento destes mesmos estudantes em uma utilização do ambiente que extrapole as atividades específicas de cada curso. Experiências planejadas e até mesmo iniciadas, inclusive visando parcerias com professores de escolas públicas vinculadas ao PIBID, não se mostram até o momento com perspectivas de concretização.

Além da natural objetividade do estudante em focar seus interesses naquilo que lhe seja decisivo para o bom aproveitamento das disciplinas cursadas e de sua inserção nas múltiplas atividades que marcam o acelerado ritmo da vivência contemporânea, o necessário aprendizado da “linguagem *Moodle*” certamente está entre um dos motivos de sua resistência a um uso mais abrangente do ambiente. O manejo de um ambiente *Moodle* não é tão simples quanto o dos populares *blogs* ou das páginas eletrônicas componentes de redes sociais como o *facebook*, havendo a necessidade de certa dedicação à configuração de cada espaço virtual de trabalho. Assim, a elaboração de tutoriais contextualizados ao ambiente, bem como a continuidade da pesquisa por módulos alternativos, já sob a base das novas versões “2.x” do *Moodle*, são tarefas que se colocam para tornar o manejo do ambiente mais intuitivo.

Em paralelo a isso, talvez seja também importante apostar em interações com usuários que têm visitado o *fisicaemrede.com* e mesmo nele se cadastrado “por fora dos muros do IFSP-SP”, haja vista as estatísticas fornecidas pelo *Google Analytics*³⁶ que indicam que o ambiente tem sido acessado a partir de diversas regiões brasileiras e mesmo internacionais (figuras 72 e 73) e que o número de pessoas voluntariamente cadastradas (cerca de 450 até março de 2014) já ultrapassa o dobro dos alunos que cursaram disciplinas por mim ministradas no IFSP-SP.

³⁶ *Google Analytics* (<https://www.google.com/intl/pt/analytics/features/index.html>) é um serviço gratuito do *Google* que fornece estatísticas sobre o modo como os visitantes utilizam um *website*.

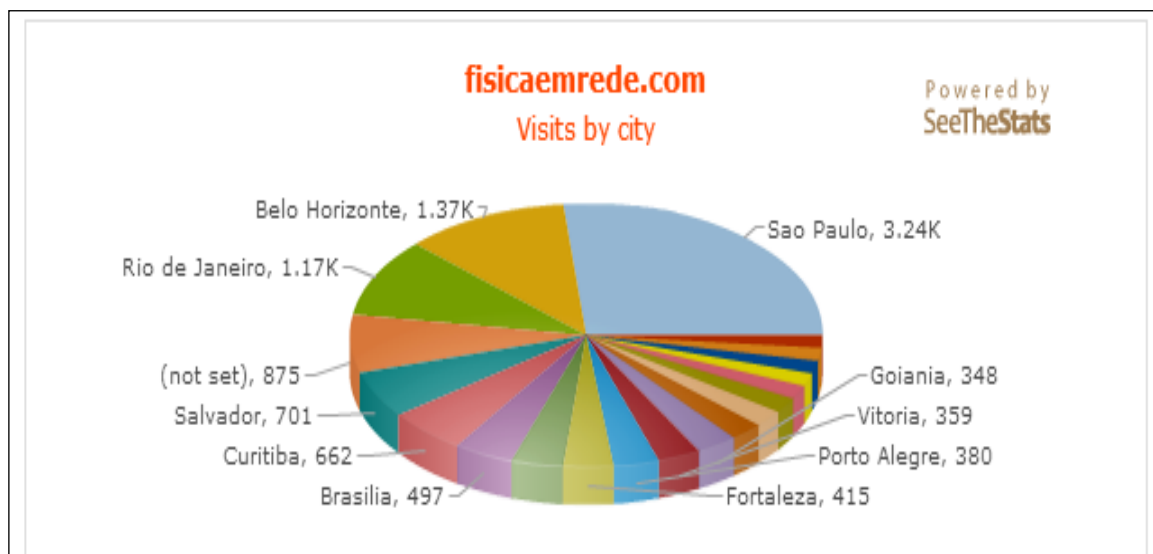


Figura 72 - Acessos ao fisicaemrede.com de 29/01/2013 a 28/01/2014 classificados pelas cidades a partir das quais estava o computador acessado pelo usuário. Dados fornecidos por *SeeTheStats*, <<http://www.seethestats.com/site/fisicaemrede.com>> (Acesso em 28. Jan. 2014), serviço gratuito que permite a visualização pública de dados disponibilizados pelo *Google Analytics*.

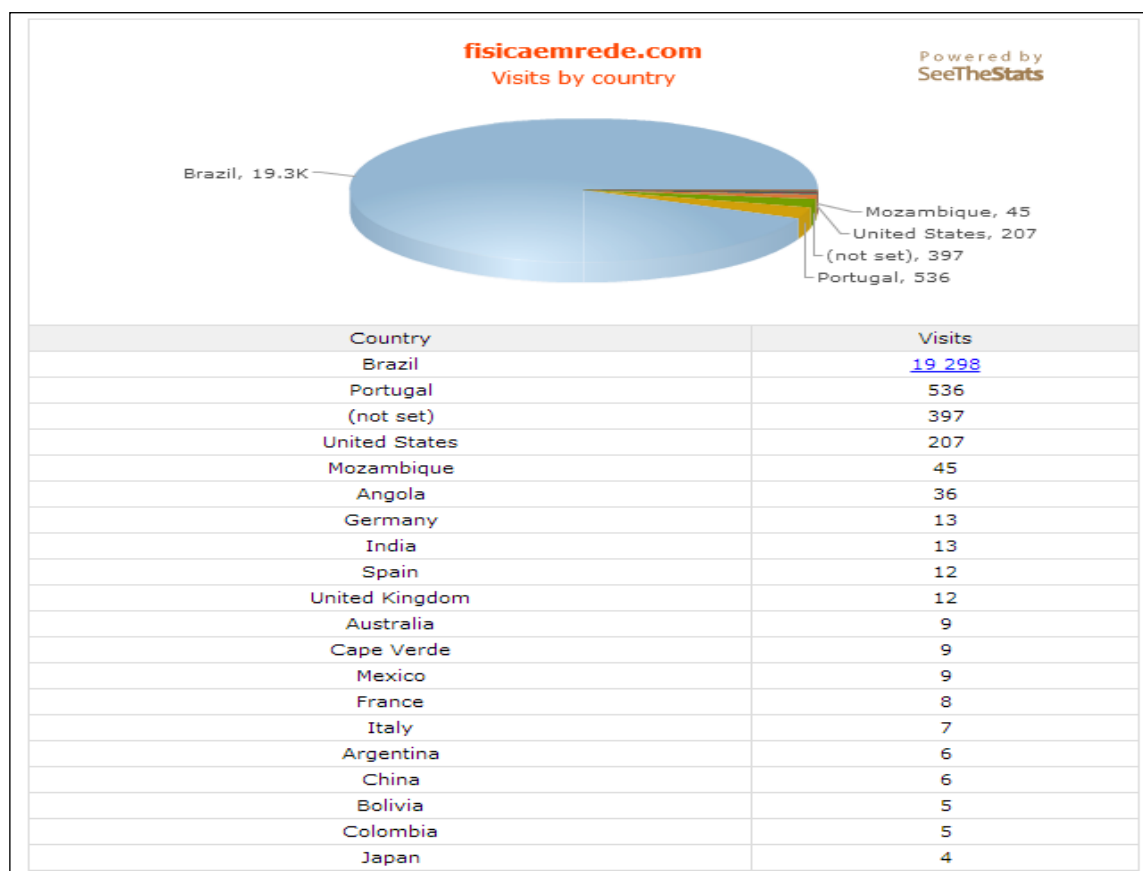


Figura 73 - Acessos ao fisicaemrede.com de 29/01/2013 a 28/01/2014 classificados por países a partir dos quais estava o computador acessado pelo usuário. Dados fornecidos por *SeeTheStats* <<http://www.seethestats.com/site/fisicaemrede.com>> (Acesso em 28. Jan. 2014), serviço gratuito que permite a visualização pública de dados disponibilizados pelo *Google Analytics*.

O mesmo *Google Analytics* mostra, no entanto, que os acessos ao ambiente virtual têm sido de pequena duração e profundidade, dados que se harmonizam com as estatísticas internas fornecidas pelo próprio *Moodle* que indicam que a grande maioria desses usuários cadastrados e não vinculados a disciplinas do IFSP-SP fazem *login* no sistema apenas esporadicamente ou mesmo uma única vez³⁷. Ainda que essa volatilidade pareça ser algo comum aos *websites* em geral, experimentos que visem o incentivo à maior interação do administrador do ambiente para com os usuários e entre os próprios usuários merecem ser elaborados.

Ao mesmo tempo em que o *fisicaemrede.com* expandiu-se para “fora do IFSP-SP”, minha atuação na coordenação EaD em parceria com a equipe EaD do IFSP (Reitoria) provocou a importação de muitas de suas características para dentro dos ambientes virtuais desta instituição³⁸ que atualmente também têm como base versões “1.9.x” do *Moodle*, customizados com *design* que incorporam menus suspensos, ícones facilitadores de navegação interna e módulos como os há pouco citados *Accordion*, *Tab Display* e *Site Groups*. Por razões de segurança e direitos autorais dos professores, tais *websites* não contam, no entanto, com automatização no cadastro de novos usuários e possuem a maioria de seus espaços virtuais de trabalho fechado ao público visitante. Sem dúvida, a recíproca também é verdadeira, com algumas aprendizagens obtidas no trato de tais ambientes virtuais institucionais, especialmente no que se refere às tarefas administrativas, tendo sido incorporadas ao *fisicaemrede.com*.

Fechando a discussão, vale reconhecer a evolução do *fisicaemrede.com* como mais uma face dos enredamentos envolvidos nessa pesquisa de doutoramento: de uma única sala virtual voltada ao objetivo específico de tornar mais dinâmica a reposição de minhas aulas no EE Alberto Levy quando do surto da gripe suína de 2009, o ambiente virtual tornou-se instrumento fundamental para o desenvolvimento das práticas descritas e analisadas no presente capítulo, bem como para o conjunto de minhas aulas no IFSP, além de abrir as portas

³⁷ Há muitas diferenças entre as estatísticas fornecidas pelo *Google Analytics* e pelas ferramentas internas ao *Moodle*, com a principal delas sendo o acompanhamento individual do uso que cada usuário faz do ambiente, realizado apenas pelo *Moodle*. Ou seja, pelo *Moodle* se identificam todas as ações desenvolvidas por cada pessoa que o acessa com nome de usuário e senha (acessos com *login*), com as visitas (acessos sem *login*) sendo contabilizadas em seu conjunto, como se correspondessem a um único usuário de nome “*Guest User*”. Por sua vez, o *Google Analytics* não acessa a base de dados do *Moodle*, tratando todos os acessos como visitas, cujos percursos pelo site são acompanhados. Nos dois casos, o rastreamento é feito pelo IP do computador por onde se faz o acesso ao *website*, dado revelado pelo *Moodle* ao administrador do ambiente virtual e mantido em sigilo pelo *Google Analytics*.

³⁸ São dois os ambientes virtuais hoje mantidos pelo IFSP-SP, um vinculado aos cursos EaD oferecidos pela instituição, <eadspo.ifsp.edu.br>, e outro aos seus cursos presenciais, <eadcampus.ifsp.edu.br> (Acessos em 31. Mar. 2014).

para contribuições junto a *websites* desta instituição e vislumbrar possibilidades de interação sobre ensino e aprendizagem de física, assim como sobre *Moodle*, com usuários espalhados pelo Brasil e mesmo no exterior. Se não é nada fácil perceber o quanto as ações desenvolvidas via *fisicaemrede.com* possam ter influenciado positivamente na formação dos licenciandos que com ele se envolveram ou foram por ele envolvidos, a evolução acima identificada ao menos torna nítido o rico aprendizado adquirido por quem escreve estas linhas.

