



Mapas conceituais como ferramenta de divulgação científica na formação de professores de Física

Conceptual maps as a tool for scientific dissemination in the education of physics teachers

MARCOS ANTÔNIO MATOS SOUZA¹, VITÓRIA SILVA DE FREITAS DUTRA¹,
HEULLY FERNANDES DE LIMA², JEFFERSON WHERCULLIS DA SILVA SOUZA³

¹Instituto Federal do Piauí.

²Universidade Federal do Delta do Parnaíba.

³Universidade Federal do Ceará.

DOI: 1026512/rpf.v5i3.37619

Resumo

Com base na Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, este artigo propõe e discute a utilização de mapas conceituais na divulgação científica de tópicos de pesquisa em Física, na formação de professores em uma turma do 4º período do curso de Licenciatura em Física. Tendo como objetivos avaliar o entendimento dos estudantes acerca de temas avançados como a Física de partículas, Matéria Condensada, Computação Quântica, Física Nuclear, Astronomia e Física Médica, de modo a investigar a forma como conceitos complexos são assimilados e contextualizados dentro da estrutura cognitiva dos alunos

Palavras-chave: *Aprendizagem significativa. Mapas conceituais. Divulgação científica. Formação de professores*

Abstract

Based on the Ausubel Theory of Meaningful Learning, this article proposes and discusses the use of conceptual maps, in the scientific divulgation of research topics in Physics, in the education of teachers in a group of the 4th period of the Degree in Physics. The objective of this study is to evaluate students' understanding of advanced topics such as particle Physics, Condensed Matter, Quantum computing, Nuclear Physics, Astronomy and Medical Physics, to investigate how complex concepts are assimilated and contextualized within the cognitive structure of students.

Keywords: *Meaningful Learnings. Conceptual maps. Scientific divulgation. Education of teachers.*

I. INTRODUÇÃO

A formação de professores para Educação Básica é um tema delicado e que carece de cuidado em nossa sociedade. Historicamente teve início na França do século XVII, com o seminário dos Mestres, criado por São João Batista de La Salle, visando a formação de professores para ensinar crianças pobres, em uma congregação religiosa, os Irmãos das Escolas Cristãs, ou Irmãos Lassalistas. Mas só no século XIX, com as inspirações dos ideais da Revolução Francesa, é que foi instituído de forma oficial a criação de escolas normais para formação de professores. Esse processo só teve início no Brasil com a Independência e posteriormente com o advento da Proclamação da República, tendo ganhado força nos anos 50 com o processo de industrialização do país, que também levou a criação das escolas Técnicas (SAVIANI, 2009; SAVIANE, 2008; TANURI, 2000).

Entre os anos 40 e 70 foram implantados no Brasil os cursos de Pedagogia e Licenciatura, entretanto a visão utilizada para implementação desses cursos e as metodologias empregadas com base nos modelos culturais-cognitivos, em que a formação do professor se fundamenta apenas no domínio do conteúdo que será ministrado, levou a alguns problemas que ainda hoje estão presentes nas Instituições de Ensino Superior (SAVIANE, 2007). Existe uma visão equivocada de que o professor não precisa de preparo pedagógico, basta apenas saber de forma geral o conhecimento que será repassado, não dando a devida importância a metodologia de ensino, ou seja, como ensinar e porque ensinar. Aliado a essa visão histórica de formação temos ainda problemas estruturais sérios em nossas escolas públicas, com salas de aulas e laboratórios sucateados ou inexistentes, falta de incentivo e desvalorização da carreira de Magistério. Nos últimos anos a criação de programas como o PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência) e mais recentemente a Residência Pedagógica tem contribuído para melhoria desse quadro sem, contudo, solucionar todos os problemas do sistema atual de Ensino brasileiro.

Em muitos casos, os professores de Física estão sendo formados com base em um modelo que prioriza a transmissão do saber sem a devida contextualização, sem estabelecer relação com o desenvolvimento científico e tecnológico (PIETROCOLA et al, 2003), o que leva aos questionamentos de porquê ensinar Física? e quais as aplicações práticas das

teorias e conceitos ensinados pelo professor? questões que só podem ser respondidas com uma formação voltada para uma aprendizagem significativa do aprendiz, de modo que os temas abordados em sala de aula possam ser conectados a temas transversais que não são trabalhados pelo professor de forma usual. Os alunos estudam Mecânica newtoniana e muitas vezes não sabem que ela é suficiente para planejar missões espaciais, colocar um satélite em órbita e explorar o Universo observável. Estudam campo magnético, mas desconhecem que este campo é o responsável por acelerar os prótons no interior do Grande Colisor de Hadrons (LHC). Os métodos de Ensino na maior parte do tempo carecem de associação.

Nesse contexto é válida a divulgação científica nos cursos de Licenciatura voltados para formação de professores de Física. Mostrar ao futuro educador tópicos de Pesquisa que ocupam a vanguarda da Ciência e que estes tópicos estão relacionados com a Física básica estudada em sala de aula.

Sob esse ponto de vista, justifica-se a importância de estabelecer condições adequadas para o desenvolvimento das competências cognitivas dos educandos. A construção de mapas conceituais é uma alternativa promissora para averiguar se o aprendizado adquirido pelo aprendiz ocorreu de forma significativa, pois os mapas são representações da estrutura cognitiva do aluno, mostram como os conceitos são organizados e interligados. O próprio ato da descoberta científica e da criação de teorias por parte dos grandes gênios da Ciência é feita por associação de ideias. Um outro exemplo é a Agência Espacial Americana (NASA), que utiliza mapas conceituais para planejar as suas missões espaciais (NOVAK & CAÑAS, 2010). Outras aplicações podem ser encontradas em (ALMEIDA & MOREIRA, 2008; GOMES et al, 2011; CLEBSCH & MORS, 2004; FIALHO et al, 2018; MARTINS et al, 2009; ROSA & LANDIM, 2015).

Seguindo essa linha de raciocínio este trabalho propõe utilização de mapas conceituais na divulgação científica de tópicos de pesquisa em Física, na formação de professores em uma turma do 4º período do curso de Licenciatura em Física. Tendo como objetivos avaliar o entendimento dos estudantes acerca de temas avançados como a Física de partículas, Matéria Condensada, Computação Quântica, Física Nuclear, Astronomia e Física Médica, de modo a investigar a forma como conceitos complexos são assimilados e contextualizados dentro da estrutura cognitiva dos licenciandos. Este também é um artigo complementar aos resultados obtidos no trabalho realizado recentemente no Ensino de Física de partículas elementares (SOUZA et al, 2019).

Com base no que foi exposto, na seção 2 abordaremos aspectos gerais da teoria dos mapas conceituais, na seção 3 apresentaremos a metodologia utilizada, em seguida, na seção 4 vamos discutir as potencialidades da aplicação dos mapas assim como os resultados observados e as considerações finais serão feitas na seção 5.

II. MAPAS CONCEITUAIS

A utilização da mapas conceituais dentro das teorias de aprendizagem significativa foi proposta por Joseph Novak em 1977, contando posteriormente com as contribuições de Bob Gowin com os diagramas V (NOVAK, 1990, 1995, 1998; NOVAK & GOWIN, 1984; NOVAK & CAÑAS, 2008; GOWIN, 1981; GOWIN & ALVAREZ, 2005). Mapas Podem ser definidos

como sendo uma estrutura gráfica em forma de diagramas bidimensionais que relacionam conceitos e ideias do seu autor por meio de ramificações que estabelecem uma relação lógica entre teorias estudadas e sistematizam de forma canônica o entendimento que o indivíduo tem a respeito de um tema ou assunto. Já os diagramas V foram propostos inicialmente para analisar o conhecimento científico produzido em livros, artigos etc. É também chamado de V de Gowin e relaciona na cadeia de produção de conhecimento os aspectos evento, fato e conceito (MOREIRA, 1997, 2006).

Os mapas seguem uma estrutura hierárquica onde os conceitos podem ser expostos por meio de uma diferenciação progressiva e/ou uma reconciliação integrativa, no primeiro os conceitos mais gerais são alocados no topo do mapa seguindo a vertical descendente em que os conceitos intermediários são posicionados progressivamente até a base onde estarão os conceitos mais específicos (MOREIRA, 1986, 2017, 2006), já no segundo, temos ao longo da ramificação do mapa a ligação entre ideias de ramos distintos levando a uma interligação(reconciliação) de sentido e significado entre conceitos (TAVARES, 2007). Na Figura 1 temos o exemplo de um mapa com as duas características.

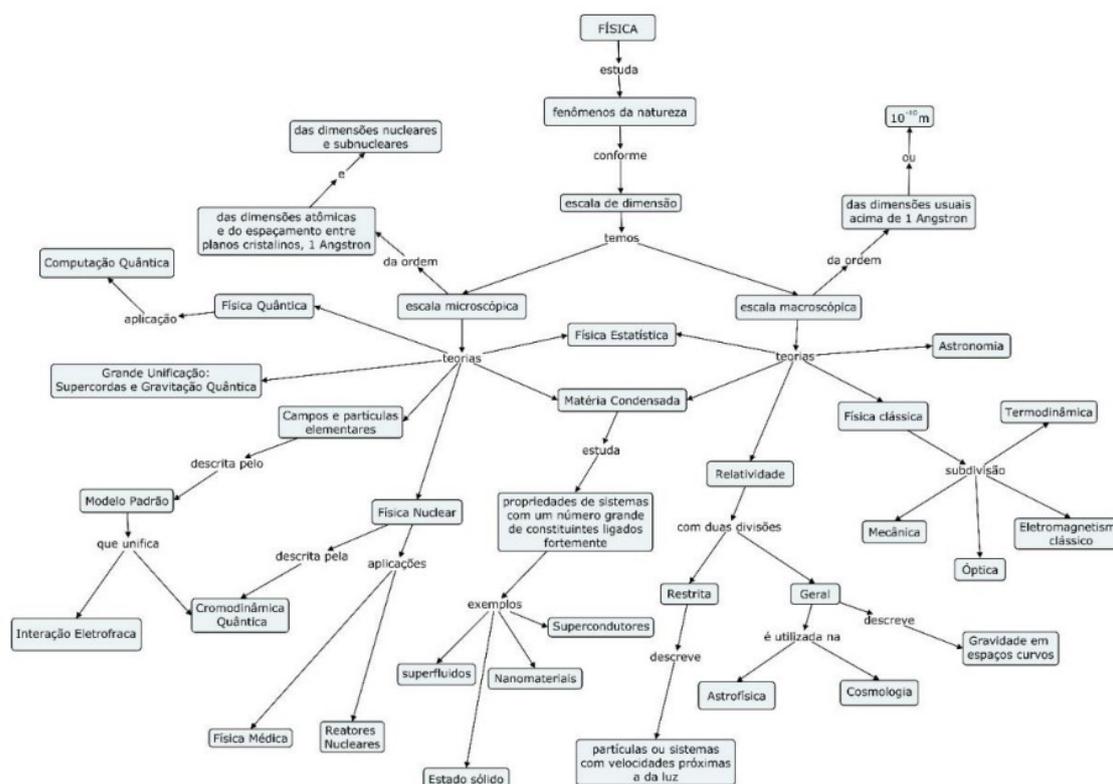


Figura 1: Mapa conceitual das áreas da Física.
 Fonte: Autoria própria.

O mapa da Figura 1 tem como tema principal a Física e suas diversas áreas, ele é um exemplo de uma diferenciação progressiva com uma reconciliação integrativa em um mesmo diagrama. Temos uma hierarquia do topo até a base e uma correlação entre ramos disjuntos (escala microscópica e escala macroscópica) através da Física Estatística, que estabelece a conexão com a Termodinâmica por meio da teoria dos Ensembles, no

limite em que tomamos o número de partículas do sistema suficientemente numeroso e alcançamos o mundo macroscópico, como no conto *Revelação Mesmeriana* de Edgar Allan Poe. A *Matéria Condensada* também descreve sistemas em ambas as escalas, temos aglomerados moleculares e fases exóticas da matéria como os condensados de Bose-Einstein e os Superfluidos. Outras correlações ainda poderiam ser feitas, por exemplo: Relatividade Restrita e Física de partículas.

Existem ainda variações na diagramação dos mapas, podendo estes apresentarem-se na forma de um fluxograma, similar a um algoritmo de programação computacional, possuindo fácil leitura e interpretação. Podem ser estruturados em torno de uma ideia central, posicionada no centro do mapa, da qual divergem e/ou convergem as várias ramificações de conceitos do diagrama, estes últimos são conhecidos como teia de aranha. Outras variações podem ser encontradas em (TAVARES, 2007). As Figuras 2 e 3 mostram respectivamente exemplos de tais mapas. Para fins práticos o mais comum e utilizado, inclusive neste trabalho, é o mapa na sua forma original, do tipo hierárquico, com o tema central e mais importante no topo, seguindo verticalmente até a base das correlações entre conceitos e significados mais específicos.

O mapa conceitual do tipo teia de aranha, devido a sua estrutura, possibilita uma representação esquemática da origem e evolução do Universo como pode ser visto na Figura 4. O mapa pode ser interpretado como um relógio que marca o tempo de evolução do Universo e que deve ser lido no sentido horário tal qual fazemos em um relógio de verdade. Ele também dá a ideia de expansão partindo da singularidade inicial.

O Modelo Cosmológico Padrão, conhecido como Big-Bang, afirma que o Universo, em algum momento, no início de sua formação estava em um estado extremo de alta temperatura e densidade, formando o plasma de quarks e glúons, composto por partículas elementares dissociadas, assim como elétrons livres. Conforme o Universo foi expandindo-se de forma acelerada, a temperatura foi diminuindo e teve início a nucleossíntese primordial, os quarks passaram a interagir formando prótons e nêutrons, que posteriormente ligaram-se formando núcleos simples (deuteron), foi nessa fase em que se deu a emissão da Radiação Cósmica de Fundo em Microondas.

Quando foram atingidas temperaturas a abaixo da energia de ligação dos elétrons, estes passaram a ser capturados pelos deuterons, formando uma estrutura mais complexa, que conhecemos como átomo. Com a continuação da expansão, sucedeu-se a formação das primeiras estrelas e posteriormente a formação de galáxias e planetas.

Hoje sabe-se que a maioria dos elementos químicos conhecidos foi sintetizado no interior das estrelas, onde núcleos maiores podem ser formados pela fusão nuclear do hidrogênio, em condições apropriadas de temperatura e pressão, onde a energia cinética dos núcleos da reação deve ser grande para possibilitar o aumento da probabilidade de penetração na barreira coulombiana; esse processo ocorre em núcleos muito leves, a uma temperatura da ordem de 10^7 K, estando, então, os átomos completamente ionizados (ALPHER et al, 1948).

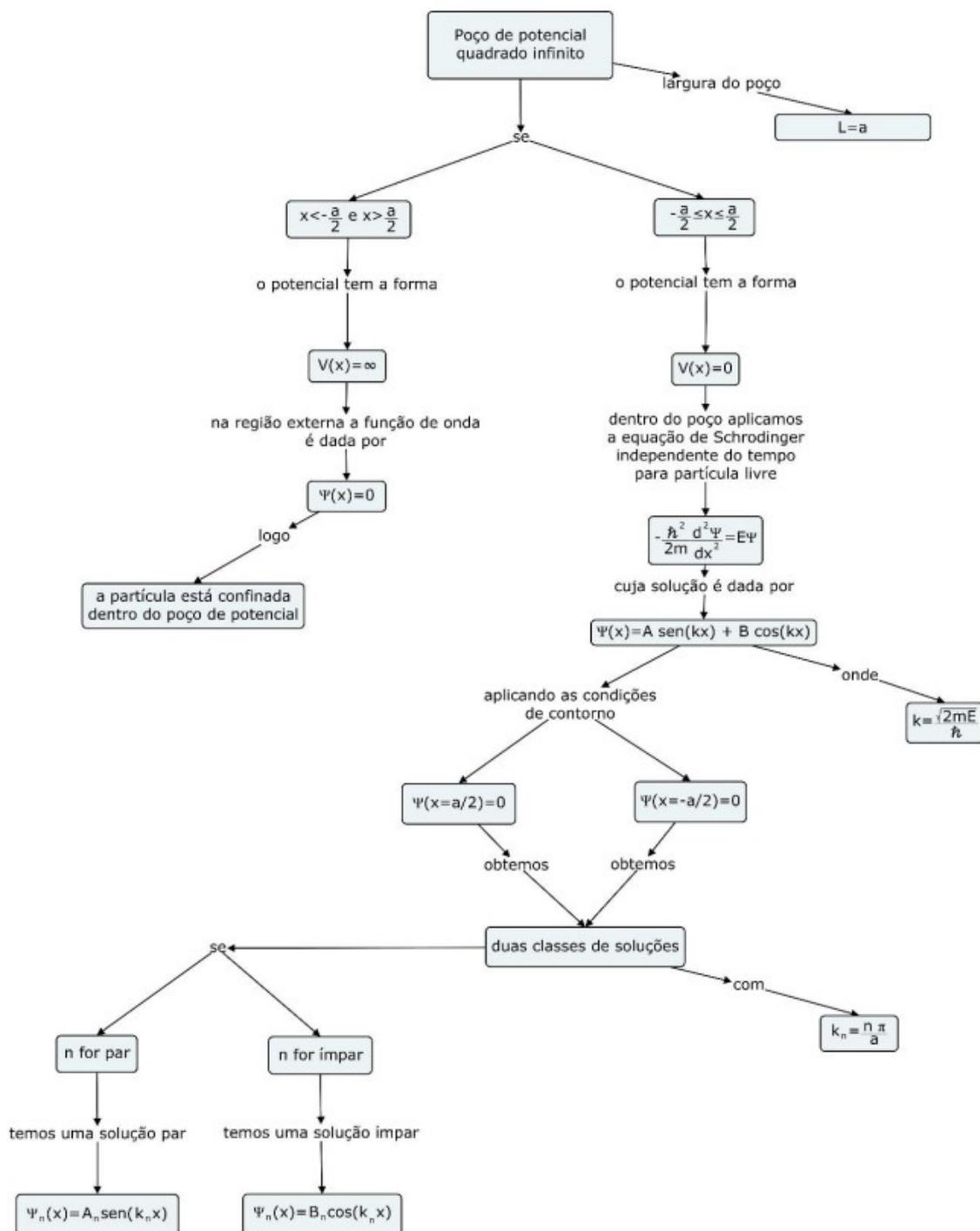


Figura 2: Exemplo de um mapa conceitual do tipo fluxograma. Tema: Poço de potencial quadrado infinito. Fonte: Autoria própria.

Algumas das vertentes mais modernas da Cosmologia utilizam um campo escalar para descrever a expansão acelerada do Universo, seja na sua fase inicial, ou ainda, em modelos de quintessência, que atribuem a energia escura aspectos da dinâmica de campos escalares na fase atual do Universo (CARROLL, 1998). Existe ainda uma outra vertente, o conhecido modelo Λ -CDM (Cold Dark Matter- Matéria Escura Fria), que coloca a constante cosmológica

como candidata a energia escura (PEEBLES & RATRA, 2003).

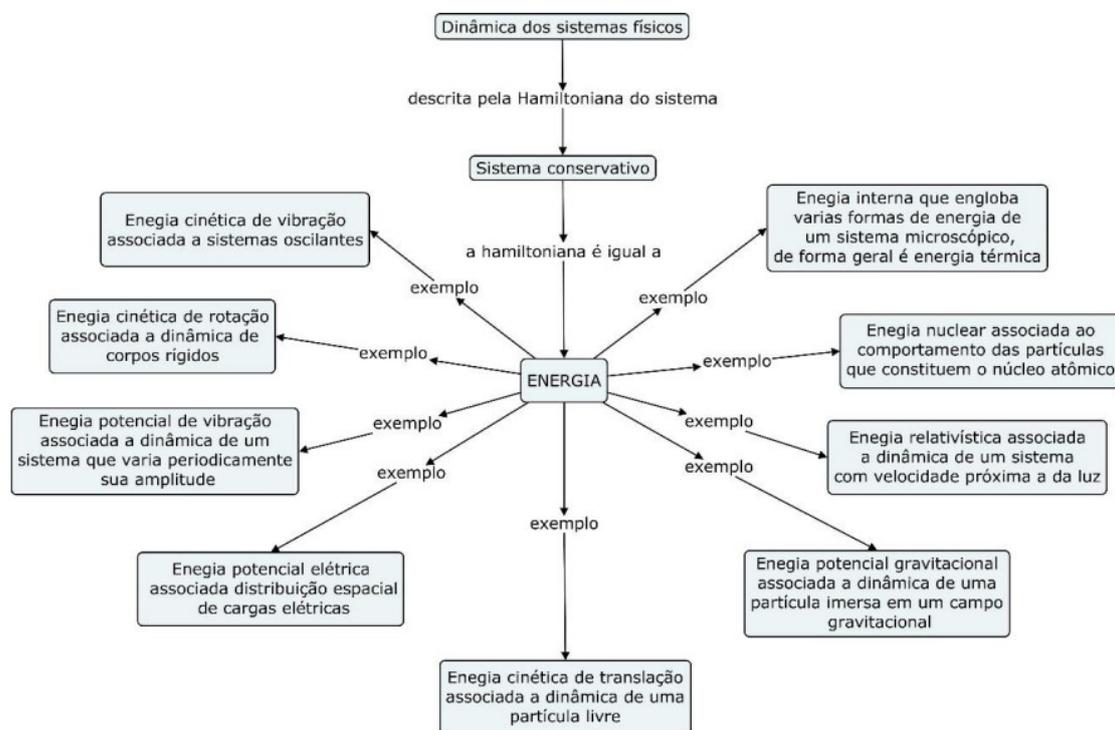


Figura 3: Exemplo simples de um mapa conceitual do tipo teia de aranha.

Tema: Energia.

Fonte: Autoria própria.

A constante cosmológica é um elemento que se opõe a atração gravitacional, análogo a densidade de energia do vácuo, sendo utilizada, inicialmente, por Einstein para descrever um Universo estacionário em 1917. Em 1929, com a descoberta do afastamento das galáxias pelo astrônomo Edwin Hubble e o surgimento da Teoria do Big-Bang de George Gamow em 1948, sua utilização foi abandonada. Entretanto, com a evidência da nova fase de aceleração cósmica do Universo, algumas teorias voltaram a utilizar a constante cosmológica, de modo que mesma passou a desempenhar o papel de um termo repulsivo responsável pela aceleração.

O Modelo Cosmológico Padrão explica com sucesso algumas das principais propriedades observadas do nosso Universo, mas infelizmente ele ainda deixa muitos problemas sem solução, como o processo de formação de estruturas em larga escala, ou seja, a formação de estrelas, planetas, galáxias etc., além das anisotropias observadas pelo satélite WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) na Radiação Cósmica de Fundo em Microondas.

A saída mais viável para resolver estes problemas é apresentada no contexto da teoria de inflação cósmica proposta por Alan Guth (GUTH, 1981), onde um campo escalar, chamado de inflaton, seria responsável pela evolução do Universo primordial em um período muito curto de intensa expansão acelerada. Dessa forma, considerar uma fase de expansão acelerada regida por um campo escalar, também garante a existência de inhomogeneidades no Universo, o que explicaria a formação de estruturas, fazendo com que em um dado

momento o Universo começasse a desacelerar, levando, portanto, a uma fase de evolução dominada pela matéria não relativística

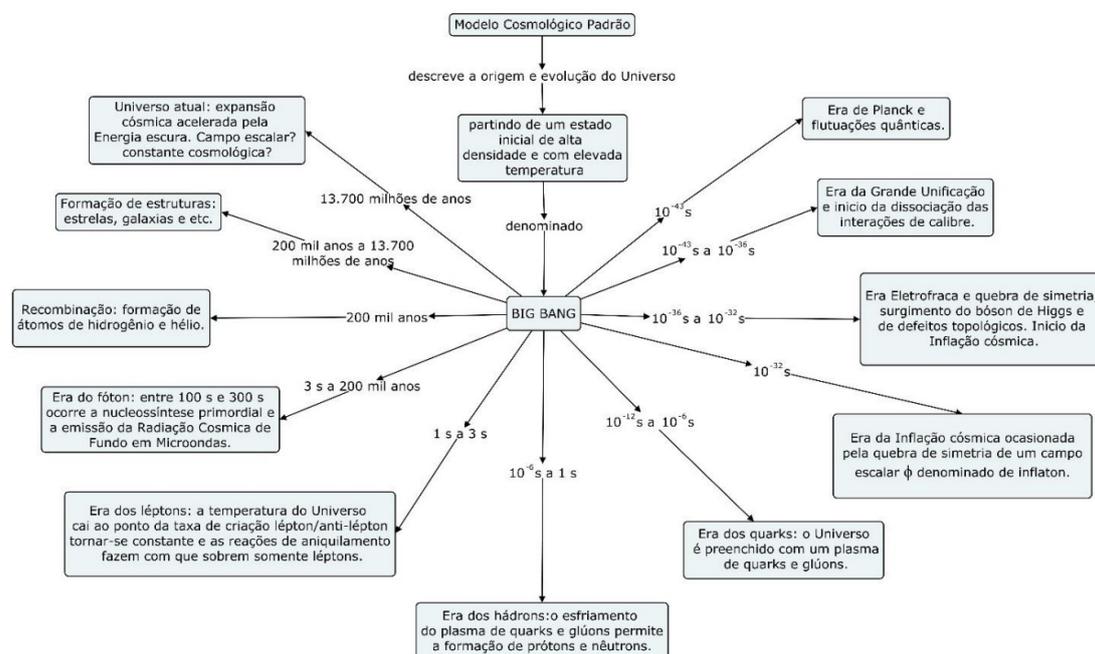


Figura 4: Outro exemplo de um mapa conceitual do tipo teia de aranha.

Tema: Evolução do Universo/Big Bang.

Fonte: Autoria própria

II.1. Avaliação de aprendizagem por meio de mapas conceituais

As aplicações de mapas conceituais na área educacional são muito vastas, podendo ser utilizados tanto por aprendizes quanto pelos professores. Podem ser uma ferramenta de ensino, aprendizagem ou de avaliação. Quando utilizados por educadores servem para apresentar a ementa de uma disciplina, mostrando uma relação de subordinação entre os conteúdos que serão ministrados, bem como as aplicações e integração com outras componentes curriculares, é uma forma de analisar o próprio currículo escolar, hierarquizar e organizar de forma sistemática os saberes que serão transmitidos (MOREIRA, 2017).

O mapa conceitual quando construído pelo aprendiz mostra um retrato de sua estrutura e dinâmica cognitiva, é uma forma do aluno externar seu entendimento de um determinado assunto, ou mostrar sua visão intimista de um tema que foi aprendido. E nesse ponto o mapa não só é um reflexo de uma aprendizagem significativa como qualitativamente também é uma ferramenta de avaliação de aprendizado, não no sentido objetivo de quantificar por atribuição de uma nota ao aluno, mas de sondar o quanto o aluno abstraiu do que foi ensinado, como ele concatena as informações recebidas ou estudadas, as relações entre os conceitos seguindo uma hierarquia de causa e efeito, do saber geral e do saber específico, beirando aquilo que os físicos chamam de reducionismo, isto é, descrever o todo por meio da dinâmica das partes estabelecendo uma relação de causalidade e significado (MOREIRA, 1986).

Enquanto instrumento de avaliação, os mapas servem como indicadores para nortear a prática pedagógica, servem para delinear estratégias de ensino de modo a atender as particularidades dos estudantes, acompanhar o desenvolvimento cognitivo do aprendiz por meio de um levantamento prévio dos saberes subjacentes a um determinado tema e observar como ocorre a mudança mediante a intervenção do educador até o final da disciplina (MOREIRA, 1986, 2017).

III. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido com base na experiência realizada entre estudantes do 4º período do curso de Licenciatura em Física do IFPI, nas disciplinas de Núcleos Temáticos I e II, antes da pandemia ocasionada pelo vírus SARS-CoV-2. Estas componentes curriculares possuíam grade aberta, dando liberdade ao professor de escolher conteúdos que se alinhem com a formação profissional dos estudantes enquanto futuros professores de Física no Ensino Médio. Atualmente, após uma reformulação curricular, estas disciplinas foram retiradas da grade curricular do curso. Na disciplina de Núcleos Temáticos I, foram abordados diversos tópicos de Pesquisa em Física, como Cosmologia, Astrofísica, Astronomia, Nanotecnologia, Física Nuclear, Física Médica, Matéria Condensada e Física de Partículas, a nível de divulgação científica, por meio de debates, vídeos, práticas de observações astronômicas com a utilização de telescópios e seminários, foi ainda utilizado como complementação de aprendizagem e instrumento de avaliação um jogo didático de Física de partículas intitulado Descobrimos o bóson de Higgs (SOUZA et al, 2019).

Na disciplina de Núcleos Temáticos II, os estudantes utilizaram os conhecimentos adquiridos na disciplina anterior para construir mapas conceituais, foi a oportunidade de investigar o quanto o aprendizado de tópicos pouco usuais e relativamente complexos contribuiu para o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Vale ressaltar que não houve a preocupação de rotular se o mapa do aprendiz estava correto ou não, uma vez que não existe uma mapa conceitual correto de um certo tema ou assunto, o objetivo é constatar que o aluno está desenvolvendo sua cognição por meio da apresentação do mapa, quer seja de forma escrita, quer seja de forma oral, isto é, investigar se o aluno aprendeu o conteúdo a partir da interpretação de seu mapa, da análise de correlação entre conceitos e ideias presentes no seu diagrama.

Para o nosso caso, todos os estudantes apresentaram seus mapas de forma oral, entregando uma versão impressa e fazendo a explicação desenhando os diagramas no quadro em sala de aula, como pode ser visto na Figura 5. Para diagramação dos mapas na versão impressa foram utilizados softwares específicos e de licença livre como o CmapTools, SimpleMind Free, miMind - Easy Mind Mapping, entre outros. A seguir serão apresentados alguns mapas conceituais desenvolvidos pelos estudantes.



Figura 5: Aluno apresentando seu mapa conceitual.

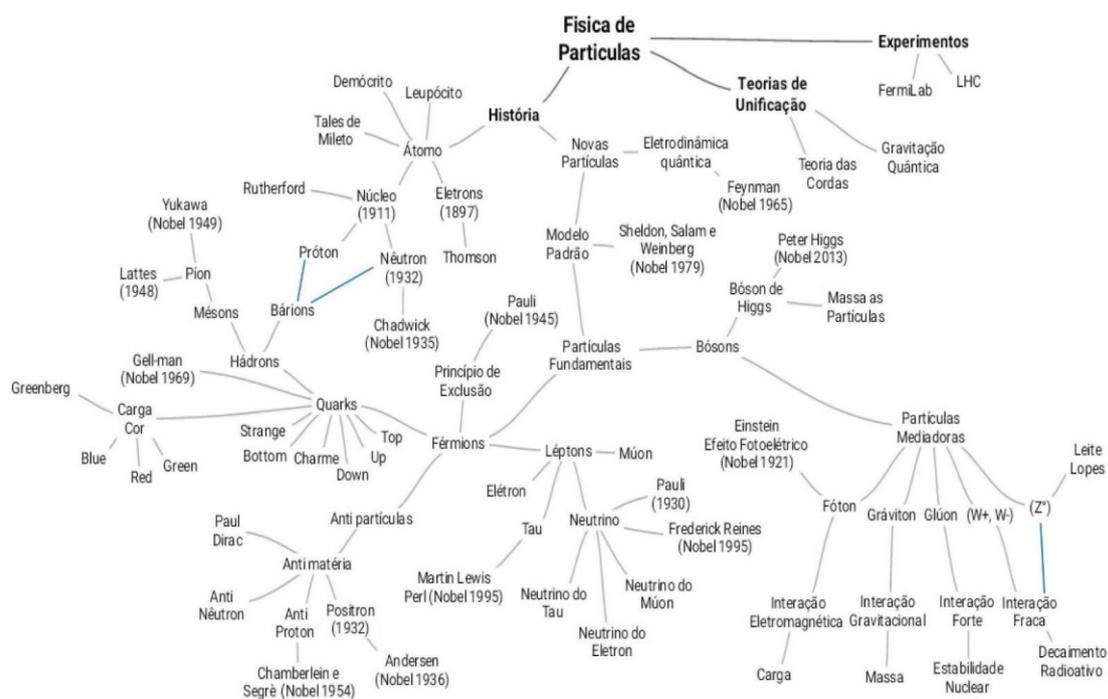


Figura 6: Mapa conceitual de Física de partículas.

A Figura 6 representa um mapa conceitual bastante interessante, que segue uma estrutura hierárquica onde os conceitos são expostos por meio de uma diferenciação progressiva em

conjunto com uma reconciliação integrativa, pois no topo temos um tema central e mais geral que se desmembra em três temas mais específicos, que seriam a história da Física de partículas, os experimentos que comprovaram as teorias e modelos, no caso o FERMILAB e o LHC, além de um tópico mais contemporâneo, que está em aberto, as teorias de grande unificação. Do topo até a base os estudantes pormenorizaram ainda mais o tema central, destacando cientistas e suas contribuições estabelecendo relação entre ramos distintos de uma descoberta ou proposição teórica. Existe ainda nesse mapa um pequeno equívoco, discutido e debatido em sala de aula, e que será exposto na seção seguinte.

Vejamos mais alguns exemplos de mapas conceituais:

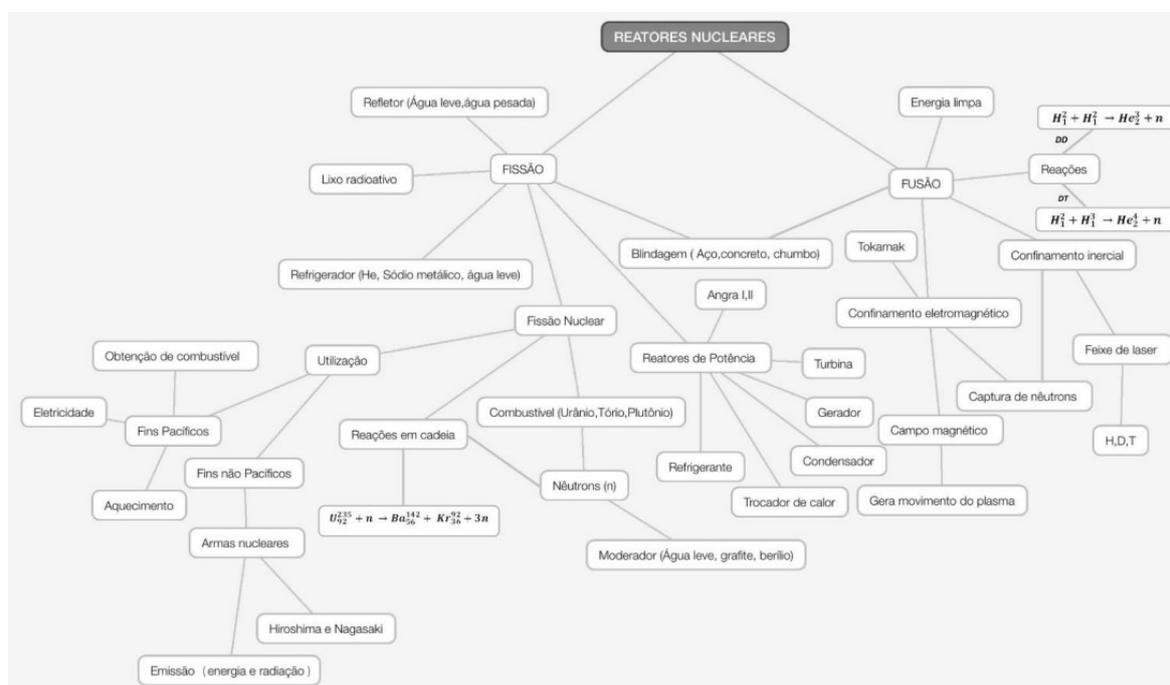


Figura 7: Mapa conceitual de Reatores nucleares.

É perceptível que os mapas das Figuras 7, 8 e 9 seguem um mesmo padrão de encadeamento lógico e estrutural, seguindo uma hierarquia conceitual do topo até a base, com ramos distintos interligados por meio de uma reconciliação. Para os Reatores Nucleares, a reconciliação é feita pelo tipo de blindagem em comum que é utilizada para conter a radiação. Na Levitação Magnética pelos cientistas que estudaram o efeito Meissner-Ochsenfeld, já na Estrutura Cristalina temos que um conjunto de átomos se une para formar uma rede.

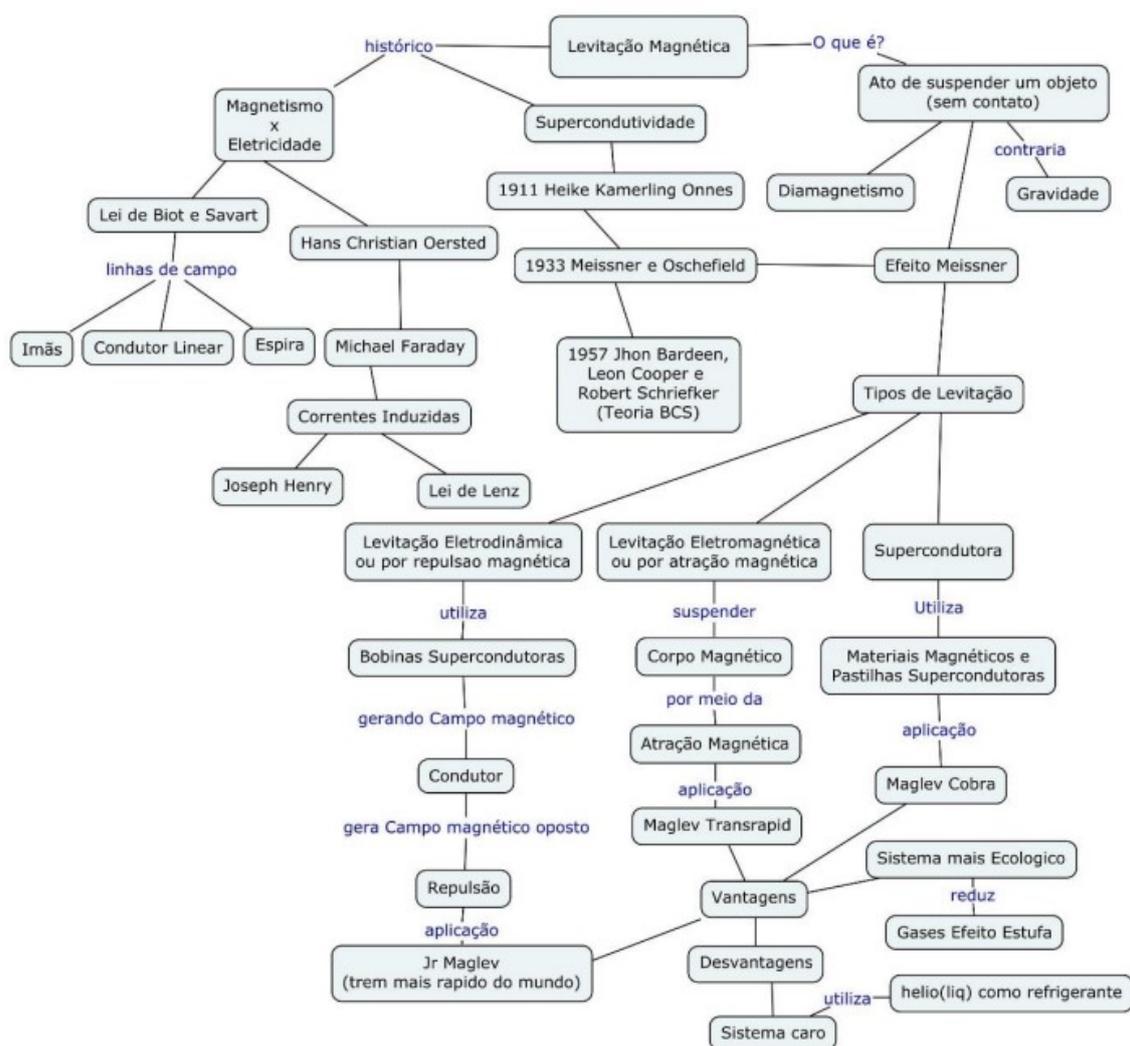


Figura 8: Mapa conceitual de Levitação magnética.

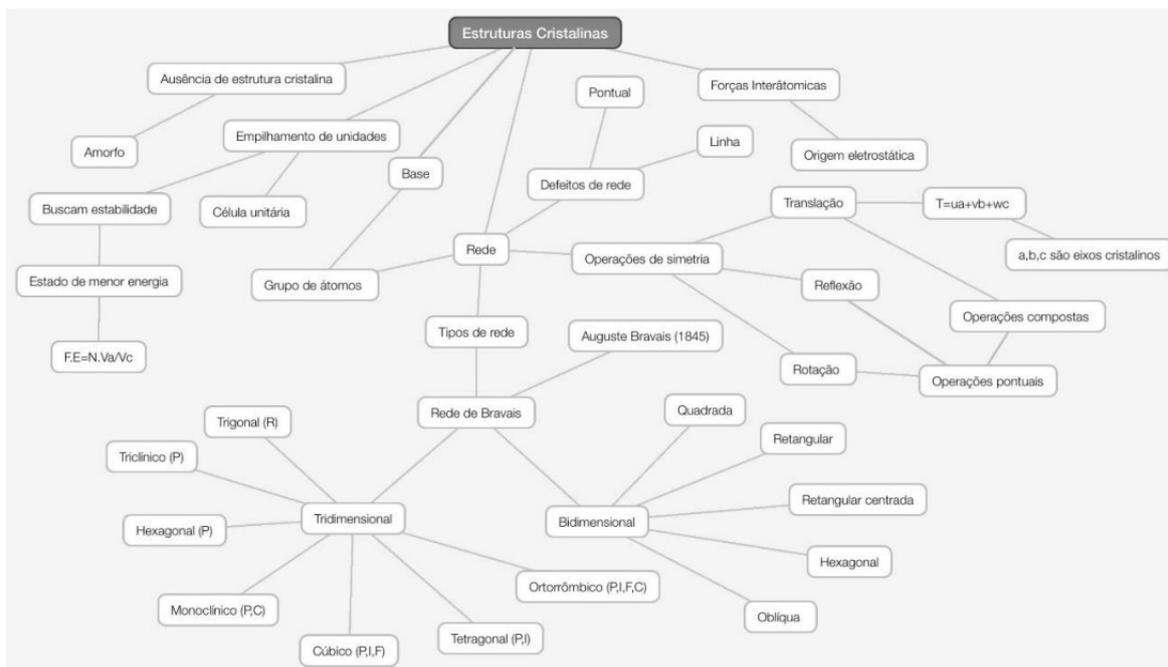


Figura 9: Mapa conceitual sobre Estrutura cristalina.

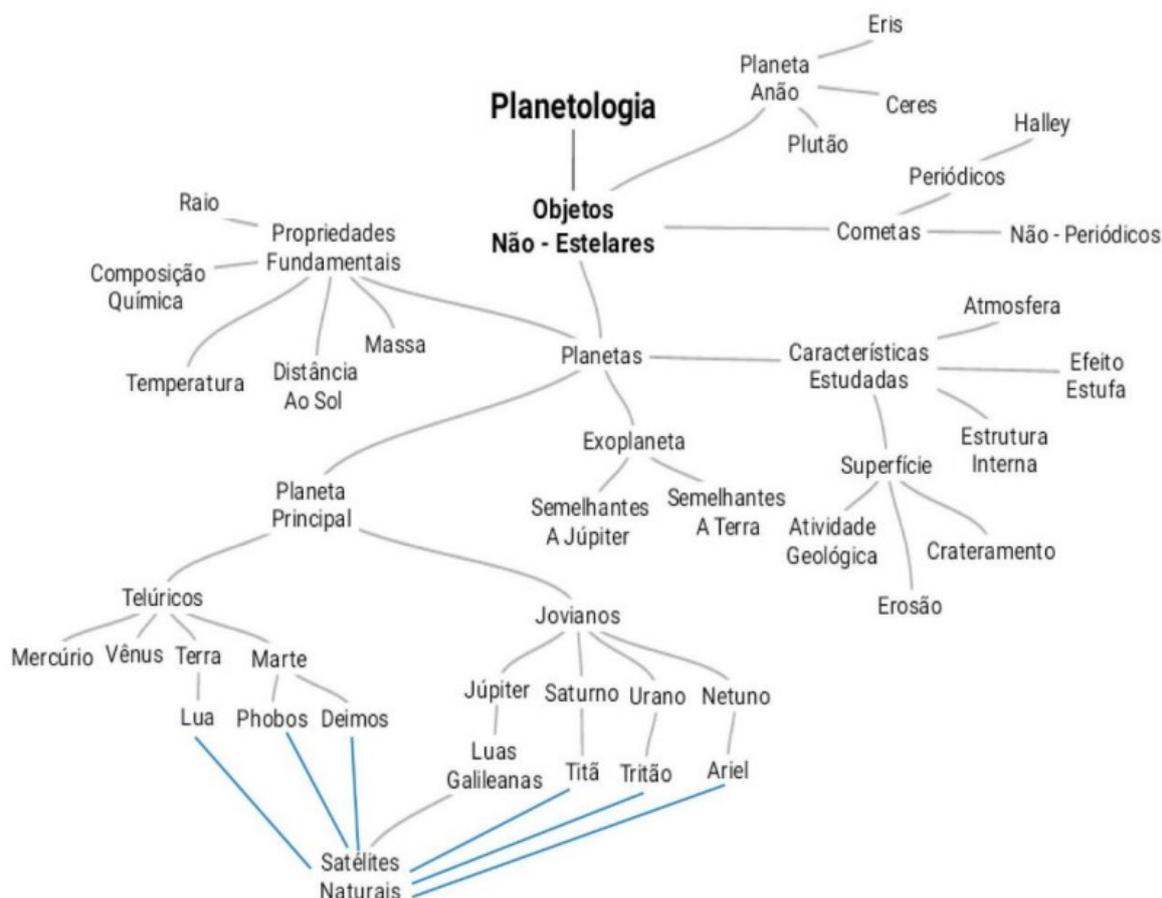


Figura 10: Mapa conceitual de Planetologia.

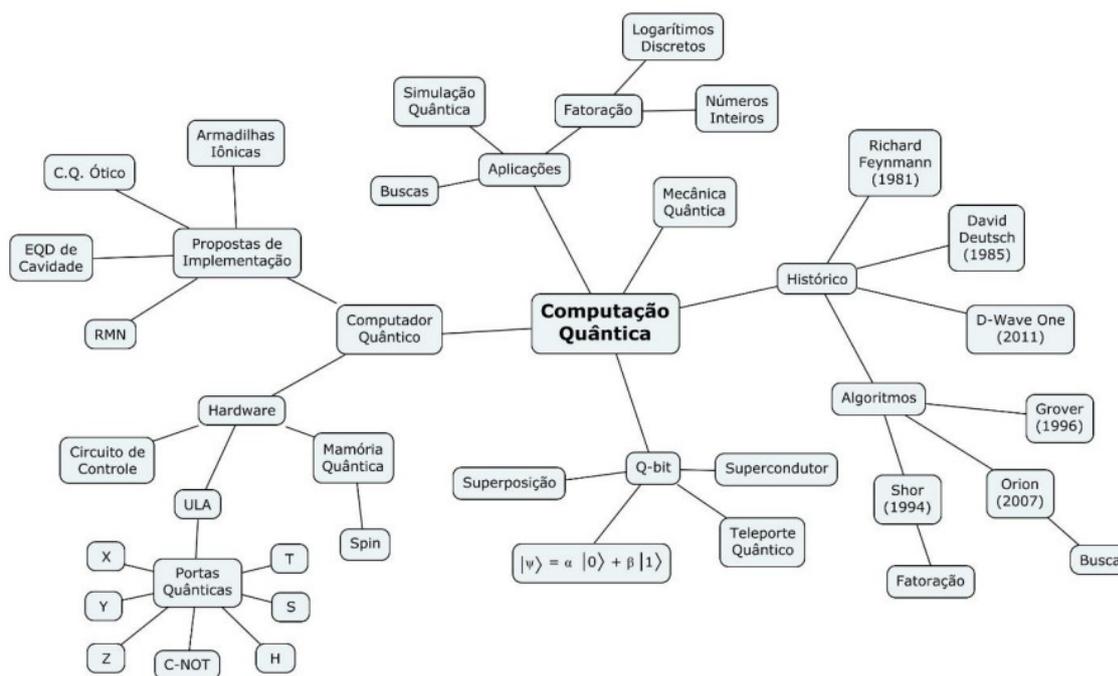


Figura 11: Mapa conceitual sobre Computação Quântica.

Os mapas das Figuras 10 e 12 seguem o padrão de uma diferenciação progressiva. Pode-se observar ainda que o mapa da Figura 12 utiliza conceitos associados aos mapas das Figuras 6, 8 e 9. O mapa da Figura 11 é o único que pode ser considerado do tipo teia de aranha, pois o tema principal, no caso Computação Quântica, está situado bem no centro do diagrama.

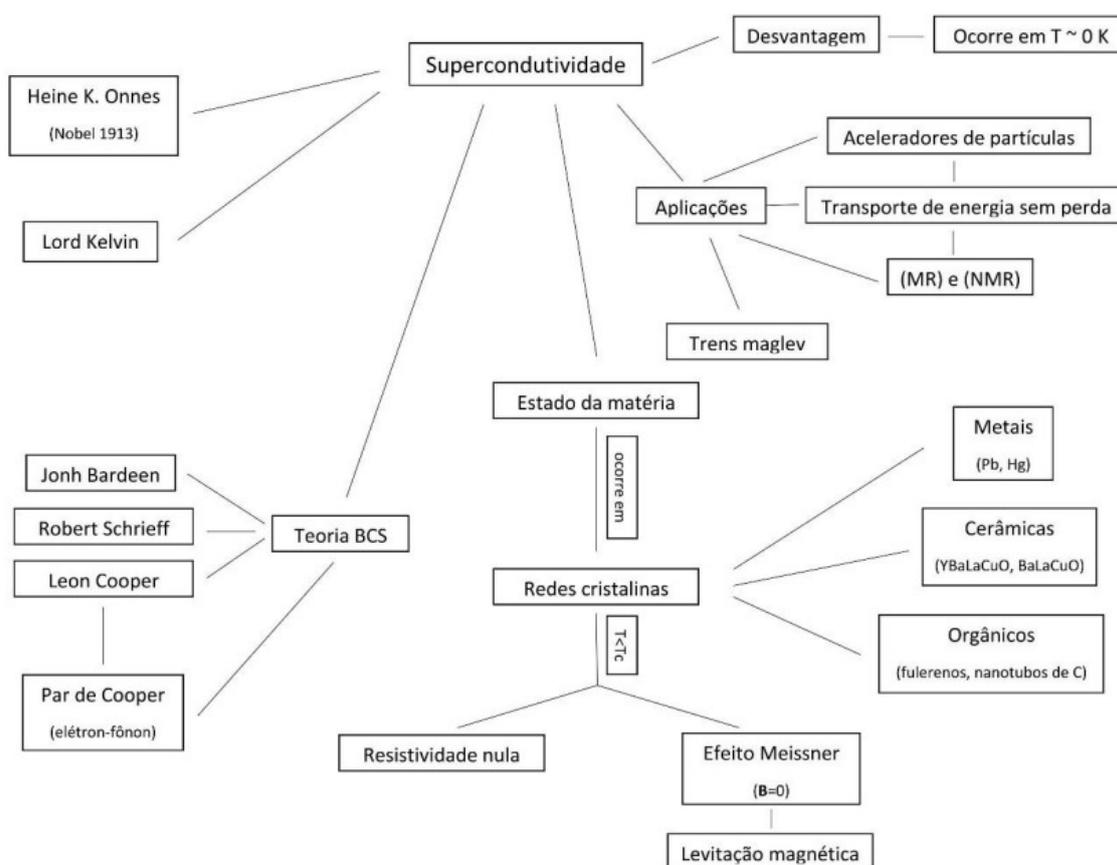


Figura 12: Mapa conceitual de Supercondutividade.

IV. DISCUSSÃO DOS MAPAS

Existem três tipos fundamentais de aprendizagem: a psicomotora, associada a respostas musculares provenientes de treino e prática; a aprendizagem afetiva, que é aquela associada a resposta do indivíduo a estímulos oriundos do seu próprio ser, como tristeza, ansiedade, alegria, prazer, dor e etc., o aprendizado é visto como auto realização do aprendiz; e por fim a aprendizagem cognitiva associada ao armazenamento de informações de forma sistemática na mente do indivíduo, formando aquilo que chamamos de estrutura cognitiva, ou seja, estrutura mental onde a pessoa organiza o conhecimento teórico adquirido (CATANIA, 1999; FALCÃO, 2001; OLIVEIRA, 2002).

A teoria de Ausubel concentra-se na aprendizagem cognitiva, para ele o estudante só aprende quando organiza as informações em sua estrutura cognitiva, que não é imutável, mas transforma-se conforme as experiências vivenciadas pelo indivíduo. Ausubel ainda discute que o aprendizado pode ocorrer de forma mecânica ou significativa (AUSUBEL et al, 1980).

A aprendizagem mecânica caracteriza-se por memorização, como o conhecido método de aplicação de fórmulas para resolver problemas, segue a linha do ensino tradicionalista, sem nenhuma associação de conceitos. Já na aprendizagem significativa o aluno desenvolve sua estrutura cognitiva pela interação dos novos conhecimentos com os seus conhecimentos

prévios de um dado assunto. Ancora-se na ideia da existência de subsunçoes, isto é, constructos que integram a informação ao cérebro humano, funcionam como uma âncora para o novo conceito aprendido, que será armazenado de forma hierárquica e organizada na mente humana (AUSUBEL, 2000).

Dentro da visão de aprendizagem significativa de Ausubel destaca-se que o aprendiz deve ser capaz de atribuir novos significados ao conhecimento adquirido, estabelecer relações entre conceitos de forma hierárquica podendo ainda contextualizá-los com o meio que o cerca. E nesse ponto os mapas conceituais apresentam-se como uma poderosa ferramenta para investigar a estrutura cognitiva do aluno, uma vez que estes evidenciam a forma como o estudante racionaliza a informação, como desenvolve e diferencia conceitos específicos de um determinado assunto em relação aos conceitos mais gerais e inclusivos (AUSUBEL et al, 1980).

A utilização de mapas conceituais em sala de aula contribuiu principalmente para o desenvolvimento cognitivo através da atividade investigativa e para a contextualização sociocultural dos estudantes. A criação de diagramas facilitou a construção de relações e significados, favorecendo a aprendizagem significativa dos alunos, ajudando ainda a:

- i. Elevar o nível do processo cognitivo, exigindo que os estudantes pensem em um nível mais elevado, generalizando conceitos e relações;
- ii. Aperfeiçoar a capacidade analítica e intuitiva, levando a uma sistematização e organização do conhecimento adquirido;
- iii. Diferenciar o saber geral do saber específico;
- iv. Exigir que os estudantes definam suas ideias mais precisamente;
- v. Propiciar oportunidades para que os estudantes testem seus próprios modelos cognitivos, detectem e corrijam inconsistências.

No contexto daquilo que esse trabalho se propõe, que é contribuir para formação de professores de Física, é notório salientar que o objetivo foi alcançado. Um dos grandes problemas do modelo de Ensino de Física é a predominância da visão tradicional da aprendizagem. Nos cursos de Licenciatura os estudantes ainda são formados, na maioria dos casos, com base em uma aprendizagem mecânica, sem contextualização, sem associação com o próprio desenvolvimento da Ciência e dos avanços tecnológicos (PIETROCOLA et al, 2003).

As aulas de Física tornam-se cansativas com a utilização de metodologias arcaicas e conteudistas. Na maioria das vezes há uma rotina excessiva de aulas expositivas e resolução de exercícios que, em geral, priorizam a memorização de fórmulas matemáticas. Por causa desse procedimento, muitos estudantes são levados a repetir as resoluções de questões similares feitas anteriormente pelo professor, sem que haja, necessariamente, incentivo ao desenvolvimento das habilidades práticas ou cognitivas dos alunos (CAMARGO & NARDI, 2004).

Ensinar e contextualizar a Física no Ensino Médio não é uma tarefa fácil, muitos estudantes adotam uma postura de desinteresse ou mesmo de repulsa em relação à disciplina

(RICARDO, 2010). Muitos deles a associam à uma ciência complicada que exige extrema dedicação para seu aprendizado. Pode-se dizer que este é um problema constantemente enfrentado por professores da Educação Básica. Um problema que só se agrava devido a lacunas na formação dos educadores, que não dispõem em muitos casos de conhecimentos práticos acerca das áreas de Física e sua importância no desenvolvimento científicotecnológico da sociedade. Vivemos em um dos períodos da humanidade em que grandes conquistas científicas foram alcançadas, mas será que o professor do Ensino Médio está preparado para repassar tais conhecimentos a seus alunos? Qual linguagem utilizar? A resposta a essas perguntas podem estar na divulgação científica nos cursos de Licenciatura em Física. Mostrar ao licenciando temas pouco usuais e que não fazem parte da grade curricular do curso por serem avançados e complexos. Buscar estratégias que tornem possível e qualitativamente acessíveis tais conceitos sem precisar recorrer a formulações matemáticas.

Os mapas conceituais são excelentes instrumentos para esta finalidade, pois trabalham conceitos e associações revelando se o licenciando aprendeu de forma significativa o conteúdo estudado. Na seção anterior foram apresentados alguns mapas feitos pelos estudantes com a utilização de softwares gratuitos, entretanto o que realmente chamou a atenção foram as apresentações orais, pois nelas foi verificado o grau de abstração dos alunos em relação aos temas de Física abordados.

Um fato marcante é que o mapa desenhado no quadro era diferente do apresentado no papel, ou seja, os alunos conseguiram criar dois mapas distintos para um mesmo tema. Vamos tomar como exemplo o mapa conceitual sobre Levitação Magnética da Figura 8, comparando com o desenho do quadro da Figura 5 pode-se verificar que são mapas com estruturas distintas, mas que possuem um conhecimento organizado e coerente com o assunto abordado, todas as relações entre conceitos são pertinentes e lógicas. Na Figura 13 temos o mapa desenhado no quadro em destaque para comparação. Percebe-se que foram adicionadas equações para lei de Faraday do fluxo magnético ($\phi_m = \int_S \vec{B} \cdot \hat{n} \cdot dA$) e para a lei de BiotSarvat ($d\vec{B} = \mu_0 d\vec{l} \times \vec{r} / 4\pi\epsilon_0 r^2$). Os estudantes conseguiram associar à Levitação Magnética os conceitos adjacentes previamente estudados e absorvidos em outra componente curricular do curso, o Eletromagnetismo clássico

De forma evidente os licenciandos conseguiram fazer correlações entre diversas áreas da Física, inclusive entre os temas tratados nos mapas, contextualizando com aplicações práticas e de interesse tecnológico. Um outro bom exemplo é o mapa de Supercondutividade (ver Figura 12), que correlaciona a esta teoria a Ciência dos Materiais por meio das redes cristalinas, a Levitação Magnética por meio do Efeito Meissner e dos trens Maglev, e a Física de partículas na construção dos aceleradores como o LHC. O efeito Meissner, descoberto por Walther Meissner e Robert Ochsenfeld, mostra, que abaixo da temperatura crítica, os supercondutores são diamagnetos perfeitos, ou seja, mesmo submetidos a campos magnéticos externos em seu interior este campo torna-se nulo. O supercondutor expulsa o campo magnético, daí vem a sua importância na construção de trens Maglev, que utilizam o princípio de Levitação magnética (COSTA & PAVÃO, 2012).



Figura 13: Mapa conceitual de Levitação Magnética desenhado no quadro.

Temos também no mapa de Computação Quântica (ver Figura 11) uma associação direta a própria Física Quântica e a teoria da Supercondutividade. É uma teoria que trata da construção dos computadores Quânticos, unindo os princípios da Mecânica Quântica e da Ciência da computação. Utiliza como unidade básica de informação o bit quântico (q-bit), representado pelos vetores de estado $|0\rangle$ e $|1\rangle$, que podem ser vistos no mapa pela superposição dos estados $|\psi\rangle = |\alpha\rangle + |\beta\rangle$ (SANTOS, 2017; RABELO & COSTA, 2018). É um sistema com dois níveis de energia, como descrito na Física Estatística, que formam uma base bidimensional na Computação Quântica.

O mapa de Reatores Nucleares (ver Figura 7) consegue associar o conceito básico de campo Magnético ao movimento de plasma nos reatores de Fusão Nuclear por meio do processo de confinamento magnético nos reatores do tipo Tokamak. Os conceitos de transição eletrônica, efeito fotoelétrico e Ótica foram trabalhados para definição de laser, que é o responsável pelo confinamento inercial em uma outra categoria de reatores do tipo fusão. Existe também uma correlação social nesse mapa uma vez que ele apresenta os reatores de fissão como construções capazes de gerar energia elétrica (Eletricidade), como as usinas de Angra I e Angra II, mas que possuem uma grande problemática de impacto ambiental, que é a produção de lixo radioativo. Nota-se uma contextualização histórica com os eventos da Segunda Guerra Mundial, por meio da utilização da fissão nuclear na produção de armas de destruição em massa, como as ogivas nucleares lançadas nas cidades de Hiroshima e Nagasaki no Japão. Pode-se citar ainda os princípios de Termodinâmica na geração de calor que movimenta as turbinas dos geradores elétricos, assim como no processo de arrefecimento do líquido refrigerante, por meio de trocas térmicas nos trocadores de calor e no condensador do reator de Potência.

Na Figura 10, os aspectos gerais da área de Planetologia foram relacionados e associados a estrutura planetária, como propriedades morfológicas, composição química, atmosfera e satélites naturais. A construção dos mapas se alinhou com a atividade prática de observação

astronômica, com o objetivo de observar os planetas visíveis no céu noturno: Júpiter, Vênus, Marte e Saturno; as luas galileanas de Júpiter, Europa, Ganimedes (ou Ganimedes), Io e Calisto, bem como o nosso satélite natural, a Lua. Em um segundo momento foi feita a observação de objetos do céu profundo como a nebulosa do anel localizada na constelação de Lira, a grande nebulosa de Orion localizada na constelação de Orion, a galáxia de Andrômeda na constelação de Andrômeda, o aglomerado estelar aberto das Plêiades na constelação de touro e o aglomerado estelar aberto NGC 4755 (Caixa de Joias) localizado na constelação do Cruzeiro do Sul. Foram utilizados nesta atividade dois telescópios, um Maksutov Cassegrain com abertura de 90 mm, $f/13$ (distância focal de 1250 mm) e um Schmidt Cassegrain com 200 mm de abertura, $f/10$ (distância focal de 2000 mm).

O mapa da Figura 9 relaciona conceitos associados a Ciência dos Materiais e a Física do Estado Sólido por meio das Redes Cristalinas. Damos o nome de estrutura cristalina ao arranjo geométrico de átomos, íons ou moléculas que constituem um material, determinando por meio de sua geometria as propriedades físicas da amostra em estudo. A rede de Bravais é formada por um arranjo infinito e discreto de pontos tal que a disposição e orientação dos pontos são exatamente idênticas quando observadas a partir de qualquer ponto da rede, ou seja, é uma rede periódica que está sujeita a operações de simetria como reflexão, rotação e translação. No mapa existe uma associação bem clara entre a força elétrica, já conhecida pelos estudantes, e a estabilidade estrutural da rede por meio da presença das forças interatômicas. Estas possuem natureza eletrostática e mantêm os átomos coesos nos sítios da rede. As forças interatômicas podem ser de Van der Waals, também chamada de interação de London, e que dá origem ao potencial de Lennard-Jones. Para cristais iônicos a energia de coesão é também conhecida como energia de Madelung e sua determinação, nada trivial, está associada ao potencial Coulombiano ($q^2/4\pi\epsilon_0 r$) (ASHCROFT & MERMIN, 1976). Podemos citar ainda outras ligações de origem eletrostática como as pontes de hidrogênio e as ligações covalentes.

O mapa de Física de partículas (ver Figura 6) pode ser contextualizado com diversos tópicos da Física, seja para explicar uma ligação química por meio do compartilhamento de elétrons, ou descrever a estrutura atômica e nuclear, onde temos um núcleo formado por prótons e nêutrons rodeados por uma eletrosfera. A radioatividade no estudo da instabilidade nuclear em núcleos radioativos, fornece conhecimento de partículas beta, cuja emissão está associada a interação fraca, temos ainda as partículas alfa e a radiação gama, sendo esta última formada pelo quantum da radiação do campo eletromagnético, o fóton. Este último pode ser contextualizado no Eletromagnetismo, por meio da transmissão de ondas de rádio, ou mesmo na Ótica ondulatória para explicar os processos de dispersão, onde é possível discutir a dualidade onda-partícula. O princípio de exclusão de Pauli, na Mecânica Quântica, responsável pela distribuição eletrônica nos orbitais atômicos, tem implicações na estabilidade estrutural estelar, por meio da presença de forças de troca (pressão de degenerescência), que contrabalançam a gravidade e impedem o colapso da estrela.

As interações entre as partículas ocorrem através de campos, e cada campo pode ser representado por uma partícula mediadora, denominada bóson. Para interação eletromagnética, temos o fóton como partícula mediadora, a força nuclear forte é mediada pelo glúon e a força nuclear fraca é transmitida pelos bósons Z^0 , W^+ e W^- , sendo que todas estas

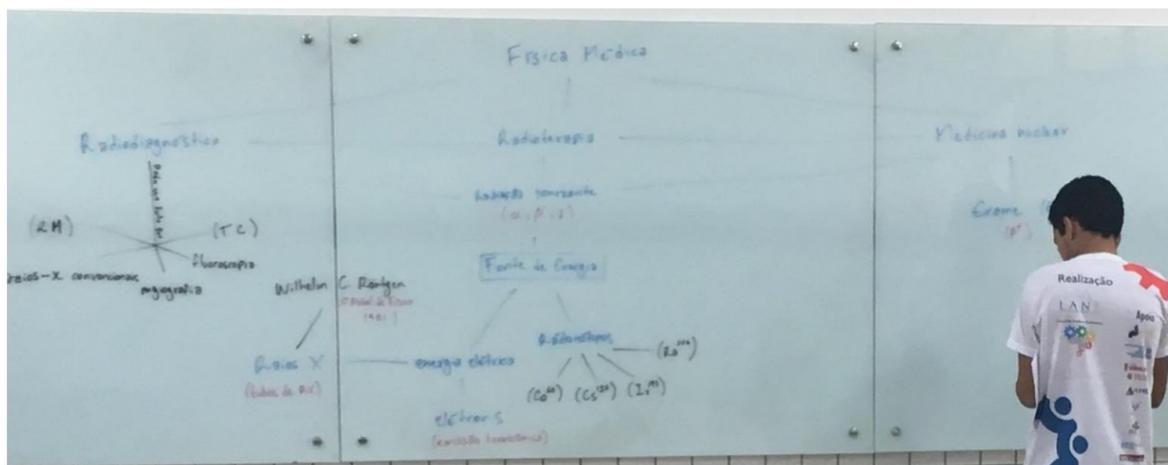


Figura 15: Mapa conceitual de Física Médica sendo desenhado no quadro.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de Ensino-aprendizagem com base no desenvolvimento cognitivo do aprendiz deve estar voltado para a construção de uma mentalidade dinâmica e criativa no aluno e diante desse aspecto, este trabalho explorou a possibilidade da utilização de mapas conceituais como ferramenta de divulgação científica no Ensino Superior, em um curso de Licenciatura, visando a formação de professores de Física, além de investigar se o aprendizado dos estudantes sobre o tema abordado nos mapas ocorreu de forma significativa. Com base no que foi exposto nesse artigo, pode-se perceber, a partir da análise dos mapas, que os licenciandos conseguiram desenvolver sua estrutura cognitiva, uma vez que conseguiram fazer associações entre o conhecimento prévio que possuíam sobre tópicos gerais de Física, com temas mais avançados e voltados para Pesquisa científica. Desenvolveram diagramas bem organizados e com uma sequência lógica hierárquica, que partia de uma tema central, mais geral, com ramificações para temas específicos, com contextualizações e aplicações práticas. Para os futuros professores, acreditamos que a experiência vivenciada servirá para melhoria da prática pedagógica, incentivará reflexões a respeito de metodologias de ensino, de enxergar a Física não apenas como uma disciplina quantificada por meio de fórmulas e equações matemáticas, mas que pode ser compreendida por meio de conceitos e de aplicações práticas. De modo geral, a ciência deve ser divulgada entre os jovens, visando difundir conceitos relevantes nas áreas de pesquisa em Física entre os estudantes de graduação e áreas afins que possuem interesse em ciência contemporânea, servindo como motivação para aqueles que pretendem ingressar nessas áreas, servindo como um veículo de inclusão social e como forma de estímulo para formação de novos cientistas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA V. O., MOREIRA M. A., Mapas conceituais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos de óptica física, *Rev. Bras. Ensino Fís.*, vol. 30, n.4, 4403 (2008).

ALPHER, R. A., BETHE, H., GAMOW, G., The Origin of Chemical Elements. *Physical Review*, 73 (7): 803804 (1948).

ASHCROFT N. W., MERMIN N. D., *Solid State Physic*, (Cengage Learning, 1976).

AUSUBEL D. P., NOVAK J. D., HANESIAN H., *Psicologia educacional*. (Tradução Eva Nick, Interamericana, Rio de Janeiro, 1980).

AUSUBEL D. P., *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*. 1 ed. (Plátano, Lisboa, 2000).

CAMARGO S. e NARDI R., Formação Inicial de professores de Física: marcas de referenciais teóricos no discurso de licenciandos, *IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física*, p. 1-14, 2004.

CARROLL S., Quintessence and the Rest of the World: Suppressing Long-Range Interactions, *Phys. Rev. Lett*, vol. 81, 3067 (1998).

CATANIA A. C., *Aprendizagem: comportamento, linguagem e cognição*. 4ª ed, (Artes Médicas Sul, Porto Alegre: 1999).

CLEBSCH A. B., MORS P. M., Explorando recursos simples de informática e audiovisuais: uma experiência no ensino de fluidos. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, vol. 26, n. 4 (2004).

COSTA M. B. S. e PAVÃO A. C., Supercondutividade: um século de desafios e superação, *Rev. Bras. Ensino Fís.*, vol. 34, n. 2, 2602 (2012).

EDINBURGH K. J. et al. Multiple pulmonary nodules in AIDS: usefulness of CT in distinguishing among potential causes. *Radiol. Bras.* Vol. 34, n.2, 427432 (2001).

FALCÃO G. M., *Psicologia da aprendizagem*. 10ª ed, (Editora Ática, São Paulo: 2001).

FIALHO N. N., FILHO R. P. V. e SCHMITT M. R., O Uso de Mapas Conceituais no Ensino da Tabela Periódica: Um Relato de Experiência Vivenciado no PIBID, *Quím. nova esc.* São Paulo (2018).

GOMES A. P. et al, O Papel dos Mapas Conceituais na Educação Médica, *Revista Brasileira de Educação Médica*, vol. 35, 275-282 (2011).

GOWIN D. B., ALVAREZ M. C., *The Art of Educating with V Diagrams*. (Cambridge: Cambridge University Press, 2005).

GOWIN D. B., *Education*. Ithaca, Nova York: Cornell University (1981).

- GUTH, A., Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems, *Phys. Rev. D*, vol. 23, 347-356 (1981).
- MARTINS R. L. C. et al, A utilização de diagramas conceituais no ensino de física em nível médio: um estudo em conteúdos de ondulatória, acústica e óptica, *Rev. Bras. Ensino Fís.*, vol. 31, n. 3, 3401 (2009).
- MOREIRA M. A., Diagramas V no ensino de Física. Porto Alegre: *Instituto de Física UFRGS* (1997).
- MOREIRA M. A., Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa, (Centauro, São Paulo, 2017).
- MOREIRA M. A., Mapas Conceituais, *Cad. Cat. Ens. Fis.*, vol. 3, n. 1, 17-25, (1986).
- MOREIRA M. A., Mapas conceituais e Diagramas V. Porto Alegre: *Instituto de Física UFRGS* (2006).
- MOREIRA M. A., *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*, (Editora Unb, Brasília, 2006).
- NOVAK J. D. e GOWIN D. B., *Learning How to Learn*, (Cambridge University Press, Cambridge, 1984).
- NOVAK J. D., CAÑAS A. J., A Teoria Subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. Tradução de Luís Fernando Cerri, *Práxis Educativa*, Ponta Grossa, vol. 5, n.1, (2010).
- NOVAK J. D., CAÑAS A. J., The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them, Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008, *Florida Institute for Human and Machine Cognition*, (2008).
- NOVAK J. D., Concept Mapping: A Strategy for Organizing Knowledge, pp. 229-245 in S. M. Glynn & R. Duit (eds.), *Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice*, (Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 1995).
- NOVAK J. D., Concept Mapping: A Useful Tool for Science Education, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, n. 10, 937-949 (1990).
- NOVAK J. D., Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporation, (Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 1998).
- OLIVEIRA Z. R., *Educação infantil: fundamentos e métodos*. (Cortez, São Paulo: 2002).
- PEEBLES P. e RATRA B., The cosmological constant and dark energy, *Rev. Mod. Phys.*, vol.

75, 559 (2003).

PIETROCOLA, M., ALVES, J. P. & PINHEIRO, T. F., Interdisciplinary practice in the disciplinary formation of Science teachers. *Investigações em Ensino de Ciências*, 8 (2), pp. 131-152 (2003).

RABELO, W. R. M. e COSTA, M. L. M., Uma abordagem pedagógica no ensino da computação quântica com um processador quântico de 5-qbits, *Rev. Bras. Ensino Fís.*, vol. 40, n. 4, e4306 (2018).

RICARDO E. C., Problematização e contextualização no ensino de física. Em A. M. P. Carvalho (Org.), *Ensino de Física* (pp. 29-51). São Paulo: *Cengage Learning* (2010).

ROSA I. S. C., LANDIM M. F., Mapas conceituais no ensino de Biologia: Um estudo sobre aprendizagem significativa, *Scientia Plena*, vol. 11, n. 03, 032702-1 (2015).

SANTOS, A. C., O Computador Quântico da IBM e o IBM Quantum Experience, *Rev. Bras. Ensino Fís.*, vol. 39, n. 1, e1301 (2017).

SAVIANI D., Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro, *Revista Brasileira de Educação*, vol. 14, n. 40 (2009).

SAVIANI D., *A pedagogia no Brasil: história e teoria*. (Autores Associados, Campinas, 2008).

SAVIANI D., *História das ideias pedagógicas no Brasil*. (Autores Associados, Campinas, 2007).

SOUZA M. A. M., NASCIMENTO A. C. S., COSTA D. F., FERREIRA O., Jogo de Física de partículas: Descobrimo o bóson de Higgs, *Rev. Bras. Ensino Fís.*, vol. 41, n. 2, e20180124 (2019).

TANURI L. M., História da formação de professores. *Revista Brasileira de Educação*, n. 14, (2000).

TAVARES R., Construindo mapas conceituais, *Ciências & Cognição*, vol. 12, 72-85 (2007).
