



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

Giselle Thais Rodrigues dos Santos

**ESTRELAS:
DO FASCÍNIO À CIÊNCIA, DA CIÊNCIA Á EDUCAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

2.º/2015



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

Giselle Thais Rodrigues dos Santos

**ESTRELAS:
DO FASCÍNIO À CIÊNCIA, DA CIÊNCIA Á EDUCAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentada ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada (o) em Química.

Orientador: Renata Cardoso de Sá Ribeiro Razuck

2.º/2015

"Ora (dizeis) ouvir estrelas! Certo
Perdeste o senso!" E eu vos direi, no entanto,
Que, para ouvi-las, muita vez desperto
E abro as janelas, pálido de espanto...

E conversamos toda a noite, enquanto
A Via-Láctea, como um pátio aberto,
Cintila. E, ao vir do sol, saudosos e em pranto,
Inda as procuro pelo céu deserto.

Dizeis agora: "Tresloucado amigo!
Que conversas com elas? Que sentido
Tem o que dizem, quando estão contigo?"

E eu vos direi: "Amai para entendê-las!
Pois só quem ama pode ter ouvido
Capaz de ouvir e de entender estrelas".

(Via Láctea - Soneto XIII- Olavo Bilac, 1985).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a minha família, aos meus amigos, aos professores e a todos aqueles que me ajudaram nesta jornada!

RESUMO

O estudo das estrelas pode ser observado desde a Antiguidade quando povos de diferentes partes do mundo como babilônios, egípcios e gregos utilizavam as disposições destas no firmamento para compreender fenômenos meteorológicos, prever a melhor época do plantio e colheita de seus grãos, produzir calendários e envolve-las em suas crenças dotadas de misticismo. Além disso, a cartografia das estrelas passou a ser utilizada como mapas para rotas comerciais e marítimas e está presente ainda hoje na tradição náutica da Marinha Brasileira. Desse modo, pode-se observar que além do privilégio de se realizar uma prática meramente lúdica ao se avistar um céu abastado destes corpos celestes, pode-se extrair deste tema várias possibilidades de estudo, mesclando áreas do saber voltadas às Ciências Humanas, como história, filosofia e geografia e às Ciências Exatas como a física, química e astronomia. Neste trabalho, registram-se aspectos históricos, tipos, composições químicas e explicações referentes às estrelas, bem como uma proposta de enquadrar este assunto num estudo contextualizado, interdisciplinar voltado ao Ensino de Ciências, interligando o conhecimento científico ao cotidiano dos alunos. Para tanto, propõe-se um Roteiro Experimental no qual é composto por um texto inicial como forma motivacional de estudo, seguido de uma atividade experimental, na tentativa de buscar novas alternativas para um melhor aproveitamento do conhecimento obtido em sala de aula e maior êxito no processo de ensino e aprendizagem.

Palavras- Chave: Estrelas, cores, composição, atividade experimental.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
CAPÍTULO 1-ABORDAGENS QUE VALORIZAM O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	10
1.1 Contextualização e Ensino CTS.....	12
1.2 Interdisciplinaridade.....	13
1.3 Experimentação.....	14
CAPÍTULO 2- BREVE HISTÓRICO SOBRE A HISTÓRIA DA ASTRONOMIA.....	17
2.1 Astronomia moderna.....	22
CAPÍTULO 3- FORMAÇÃO, TIPOS E COMPOSIÇÕES QUÍMICAS DAS ESTRELAS.....	25
3.1 O nascimento das estrelas.....	26
3.2 Gigantes vermelhas e anãs brancas.....	28
3.3 Supernovas.....	29
CAPÍTULO 4- COR E LUMINOSIDADE DAS ESTRELAS.....	31
4.1 Estrutura atômica e Origem Quântica.....	33
4.2 Formação de linhas espectrais num espectro contínuo.....	36
4.3 Classificação dos espectros.....	38
4.4 Diagrama de HR.....	39
4.5 Sequência Principal.....	40
CAPÍTULO 5- ESTRELAS- UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	42
5.1 ROTEIRO EXPERIMENTAL.....	44
5.1.1 Saiba Mais!! As estrelas e as constelações.....	44
5.1.2 Atividade experimental- Relação entre as estrelas e o Teste de Chamas.....	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

INTRODUÇÃO

Brasília, capital federal do Brasil, localizada no Planalto Central, tomada por ares políticos e sociais, sede dos três poderes Legislativo, Executivo e Judiciário os quais estão dispostos em construções de tamanhos regulamentados de modo a não atrapalhar a vista do céu cujo aspecto representa um cartão postal para a cidade. Céu este que é iluminado pelo Sol durante a tarde e presencia os raios da principal estrela do sistema solar refletirem-se nos monumentos considerados patrimônio cultural da humanidade. Já após o pôr do sol, em determinadas épocas do ano, apresenta um céu estrelado repleto das mais variadas cores e intensidades luminosas. Ora, quem é que durante a noite já não parou para admirar um lindo céu estrelado, seja em Brasília ou qualquer lugar privilegiado?

A observação das estrelas já é feita desde a Antiguidade quando povos de diferentes partes do mundo como chineses, babilônios, egípcios e gregos utilizavam a disposição destas para realizar marcações temporais com a criação de calendários, compreender fenômenos meteorológicos, prever a melhor época do plantio e colheita de seus grãos ou até mesmo envolvê-la em seu misticismo. Além disso, a cartografia das estelas passou a ser utilizada como mapas para rotas comerciais e marítimas. Sendo observada até hoje para mapear pontos cardeais e presente na tradição náutica da Marinha Brasileira.

Desse modo, pode-se observar que ao considerarmos as estrelas como objeto de estudo, além de nos focarmos na parte encantadora de um céu abastado destes corpos celestes, podemos nos ater também a uma série de possibilidades e informações referentes a diversas áreas voltadas às Ciências Humanas, como história, filosofia e geografia e às Ciências Exatas como a física, a química, a matemática e a astronomia. É uma riquíssima interface que podemos discutir em sala de aula de maneira prazerosa e interdisciplinar, interligando o conhecimento científico ao cotidiano.

Em se tratando de ensino, o ideal é que o conhecimento seja abordado de modo que o aluno sinta-se instigado a aprender, a fazer a fusão do saber adquirido com fenômenos presentes em sua vida e, a partir daí, desenvolva um pensamento crítico- científico e questionador. Não sendo, apenas, mero receptor de informações como criticou Paulo Freire, com seu conceito de Educação Bancária, na qual há apenas transmissão mecânica e depósito de informações do

professor aos alunos. Ao ensinar, o docente deve primar por vários fatores: sociais, culturais históricos e econômicos na formação do aluno, ou seja, atentar-se ao contexto escolar em que o discente está inserido. Além disso, deve haver compartilhamento do conhecimento entre os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem e a consideração de experiências pré-concebidas. Outro fator, de grande relevância para o processo educativo, é a experimentação no ensino, já que esta tem papel primordial na compreensão e aplicabilidade do conteúdo por parte dos alunos ao unir a teoria à prática.

O presente trabalho encontra-se disposto em cinco capítulos, no qual inicialmente remete-se a uma abordagem voltada para a área de educação, presando pela contextualização e interdisciplinaridade, conceitos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) e a importância da experimentação no ensino de química.

Em seguida, tem-se o segundo capítulo, o qual aborda um breve histórico e curiosidades a respeito de descobertas ligadas à astronomia.

Na sequência, o terceiro capítulo discorre sobre a formação das estrelas, seus tipos e como elas diferem em suas composições químicas.

A *posteriori*, o quarto capítulo elucida conceitos químicos referentes à química das estrelas no tocante a suas cores e brilhos de acordo com sua temperatura e radiações emitidas.

Por fim, tem-se o quinto e último capítulo, no qual se propõe o uso do tema Estrelas para uma abordagem contextualizada de Ciências destinada ao Ensino Médio. Neste capítulo propõe-se um roteiro experimental, no qual é composto de um texto inicial intitulado Saiba mais!!! Tal texto refere-se às Constelações e a utilização destas na confecção da Bandeira do Brasil. Este texto possui caráter motivador e apresenta curiosidades iniciais. Após o texto, encontra-se uma introdução dotada de linguagem simples e de fácil compreensão para alunos do Ensino Médio que faz um grande apanhado de conceitos gerais presentes nos capítulos anteriores deste trabalho. Enfatiza o Teste de Chamas que será abordado como forma de atividade experimental no intuito de explicar como as cores das Estrelas estão relacionadas com os elementos presentes nelas. Isso pode ser elucidado por meio de conceitos envolvendo o modelo atômico de Rutherford-Bohr, saltos quânticos dos elétrons em diferentes níveis, absorção e emissão de energia e espectros de elementos químicos. Para tanto, são apresentados os materiais necessários para a realização da atividade, seguidos dos procedimentos, de uma observação macroscópica, interpretação microscópica, expressão representacional e uma abordagem CTS. O tema pode ser inserido num

projeto maior envolvendo várias disciplinas como a Geografia, a História, a Física conjuntamente com a Química.

Iremos desvendar alguns mistérios da ciência por meio desse tema tão diversificado e que por muito tempo e para muitos esteve ligado ao mundo místico e ao plano celestial por meio da astrologia

CAPÍTULO 1

ABORDAGENS QUE VALORIZAM O ENSINO DE CIÊNCIAS

Um dos desafios da educação brasileira é a mudança no panorama educacional dando enfoque ao saber contextualizado, de caráter interdisciplinar, e quando couber experimental, em detrimento do ensinar meramente disciplinar e conteudista. “O ensino de ciências, na maioria de nossas escolas, vem sendo trabalhado de forma descontextualizada da sociedade e de forma dogmática.” (SANTOS, 2007, p.4). Para Santos, os estudantes não percebem a relação entre o conhecimento aprendido e o seu cotidiano, neste caso, “entendem que o estudo de ciências se resume a memorização de nomes complexos, classificações de fenômenos e resolução de problemas por meio de algoritmos.” (SANTOS, 2007, p. 4).

O conhecimento “repassado” em muitas escolas, no sentido de transmissão mecânica do saber, não está dando ao aluno a chance de entender os conceitos e processos químicos de maneira satisfatória, pois não proporciona ao estudante uma visão mais ampla que o faça enxergar uma ligação de concepção do conhecimento com aspectos socioambientais, éticos e tecnológicos. Geralmente, o ensino de química é exposto aos alunos fragmentado e sem bases históricas, como se determinado conceito científico surgisse do nada ou de uma ideia repentina dos estudiosos, privando o aluno de conhecer e compreender como se deu a construção e as transformações das teorias e modelos vigentes aplicados ao entendimento dos processos e conceitos químicos. Deve-se valer que o adquirir de competências e habilidades está substancialmente centralizado nos conceitos fundamentais da química, mas estes conceitos podem ser permeados pela interdisciplinaridade e contextualização. Segundo as Orientações Curriculares Nacionais do ensino Médio,

(...) o que se observa de forma geral, nos programas escolares, é que persiste a idéia de um número enorme de conteúdos a desenvolver, com detalhamentos desnecessários e anacrônicos. Dessa forma, os professores obrigam-se a “correr com a matéria”, amontoando um item após o outro na cabeça do aluno, impedindo-o de participar na construção de um entendimento fecundo sobre o mundo natural e cultural.

São visivelmente divergentes o ensino de Química no currículo praticado e aquele que a comunidade de pesquisadores em Educação Química do país vem propondo. (BRASIL, 2006, p.108).

Partindo deste pressuposto, pode-se notar, geralmente, nas instituições de ensino, alunos que trazem consigo um descontentamento e aversão a disciplinas como a química já que encontram em seu caminho escolar, além do disposto acima, professores desmotivados, sejam com suas escolas, levando em consideração a estrutura física precária ou a administração rígida e inflexível, além de outros fatores pessoais, sociais, financeiros ou o ambiente em que estão inseridos. Esta situação transforma, muitas vezes, os educadores em indivíduos acomodados e pode acarretar em limitações em relação ao desenvolvimento e pensamento crítico do discente. Para minimizar e até mesmo evitar estes comportamentos, os docentes devem sair da inércia e compreender que o ensino é dinâmico, carecendo este de renovação e de melhorias. O modelo social de um período torna-se obsoleto e necessita de mudanças. As aulas precisam ser renovadas e readaptadas. Cada ambiente e perfil de aluno necessitam de abordagem própria e de serem trabalhados de maneira singular. Identificam-se diferentes comportamentos de estudantes em uma mesma escola, quem dirá se comparar entidades de diferentes classes, ambientes ou culturas. Os recursos utilizados pelos profissionais educacionais variam, sendo que para certo público podem funcionar e ser eficaz, porém para outro não.

Por isso, é tão importante a preocupação com as diferentes culturas e visões diferenciadas presentes no ambiente escolar. Por exemplo, a juventude de hoje não é mais a mesma de uns vinte anos atrás. E para saber lidar com as mudanças, o profissional deve participar de aperfeiçoamentos e cursos de capacitação para que haja renovação, reciclagem e motivação. Com determinação e boa vontade o profissional consegue vencer os obstáculos e gerir um ensino digno e de qualidade, no qual há formação de cidadãos conscientes do seu papel social. Todavia, cabe ressaltar, que não é apenas a educação nas escolas que determina o caráter dos alunos, mas uma série de fatores familiares, sociais ligados ao ambiente que estes estão inseridos e também o próprio comportamento emocional e psicológico do indivíduo.

Nesse sentido, o artigo nº 205 da constituição Federal dispõe que:

A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. (BRASIL, 1988, p.1).

1.1 Contextualização e Ensino CTS

“É necessário ultrapassar a meta de uma aprendizagem apenas de conceitos e teorias, relacionadas com conteúdos abstratos e neutros.” (BAZZO; MATOS; PINHEIRO, 2007, p.151). De acordo com Santos e Schnetzler (1997), o mundo contemporâneo carece de uma alfabetização da população no tanger de ciência e de tecnologia.

A abordagem contínua da educação tecnológica aceita a centralização da tecnologia nas relações sociais, mostrando que o mundo social é mediado pela ciência e pela tecnologia de forma cada vez mais intensiva, e que a assumida sobreposição entre ciência e tecnologia gradativamente transforma as culturas em *tecnoculturas*. Porém não se deve admitir a tecnologia como detentora de supremacia perante aos interesses humanos. (PINTO, 2005).

“A contextualização constitui hoje um princípio curricular que possui diferentes funções, dentre as quais podemos destacar as de motivar o aluno, facilitar a aprendizagem e formá-lo para o exercício da cidadania.” (MORTIMER; SANTOS, 1999, p.1).

Logo, a contextualização pode ser vista segundo os seguintes objetivos:

desenvolver atitudes e valores em uma perspectiva humanística diante das questões sociais relativas à ciência e à tecnologia; 2) auxiliar na aprendizagem de conceitos científicos e de aspectos relativos à natureza da ciência; e 3) encorajar os alunos a relacionar suas experiências escolares em ciências com problemas do cotidiano. (SANTOS, 2007, p.5).

Faz-se necessário que o indivíduo seja educado de maneira que possa utilizar o conhecimento adquirido como forma a propagar a ciência de maneira mais consciente e comprometida, a fim de não pensar apenas no crescimento sócio financeiro e econômico e sim no bem coletivo e social, evitando ao máximo prejudicar o meio ambiente. Então, um indivíduo deve ter a sua formação voltada não apenas ao conhecimento conteudista visto em sala de aula, mas deve ter formação mais cidadã e crítica aos acontecimentos cotidianos com embasamento no passado, presente e futuro, formando assim, uma visão de mundo.

O diálogo entre as disciplinas é beneficiado quando os educadores das várias áreas do saber focam, “como objeto de estudo, o contexto real – as situações de vivência dos alunos, os fenômenos naturais e artificiais, e as aplicações tecnológicas” (BRASIL, 2006, p.102). Estes

fatores exigem observações minuciosas e de vários ângulos, pois a eles se aplicam conceitos diferenciados de acordo com o meio em que os objetos estão dispostos.

1.2 Interdisciplinaridade

Tomando ainda o ensino mecânico nas instituições, percebe-se que os estudantes acabam por não conseguir fazer as interpretações necessárias, bem como não conseguem fundamentar argumentações coerentes com o esperado em determinados contextos. Para tanto, faz-se necessário que a escola se organize de forma a proporcionar uma inter-relação entre os seus docentes para que haja comunicação, troca de experiências e a valorização da interdisciplinaridade. Porém, para que isso seja colocado em prática, o ensino não poderá ter enfoque apenas destinado à realização de provas de vestibular e aprovação neste, mas deve primar por conhecimentos contextualizados e não a mera memorização e reprodução.

O conhecimento científico abordado interdisciplinarmente pode auxiliar na formação de um saber mais completo, englobando as várias áreas da ciência. Com isso, a aprendizagem apresenta-se mais interessante, já que irá agregar uma série de outros conhecimentos tornando o assunto mais abrangente, indo além das amarras de determinada matéria. Fazer uma conexão entre as diversas disciplinas que determinado conhecimento possa ser enquadrado, torna a visão do aluno mais encorpada e o faz enxergar que nada está isolado e que uma pequena parte faz parte de um todo, de um universo muito maior que aquele particular visto, por exemplo, numa aula ministrada em torno de cinquenta e cinco minutos. Isso mostra ao educando, que certo fenômeno pode ser interpretado por várias áreas do saber de maneira distinta e ao mesmo tempo leva o particular inserido em cada disciplina para uma ampliação de diferentes olhares e pontos de vista, criando uma vinculação entre elas.

Ainda nesta discussão, podemos destacar que diferentes estudiosos e professores trabalham e percebem os acontecimentos a sua maneira. Tudo depende do referencial observado, de quem observa como observa, quando e onde se observa. Cada ser humano cria seu próprio modo de pensar, encarar e descobrir as coisas e aos alunos são oferecidas e apresentadas uma série de possibilidades de ver e interpretar fenômenos, a maioria partindo de um conceito

supostamente aceito pelo meio científico e a muito estudado, como teorias e conhecimentos videntes, mas com visões particulares. Os educadores devem mostrar aos seus alunos que o conhecimento não é completamente imutável, que outras maneiras de interpretação podem ser aceitas, desde que tenham embasamento teórico e justificativas plausíveis, ou seja, o conhecimento atrelado à ciência hoje não é uma verdade universal, o conhecimento é dinâmico e pode a qualquer momento ser posto em cheque.

Aplicando estas referências à química, entende-se que:

(...) as ciências que compõem a área têm em comum a investigação sobre a natureza e o desenvolvimento tecnológico, e que é com elas que a escola, compartilhando e articulando linguagens e modelos que compõem cada cultura científica, estabelece mediações capazes de produzir o conhecimento escolar, na inter-relação dinâmica de conceitos cotidianos e científicos diversificados, que incluem o universo cultural da ciência Química. Características comuns às ciências que compõem a área permitem organizar e estruturar, de forma articulada, os temas sociais, os conceitos e os conteúdos associados à formação humano-social, na abordagem de situações reais facilitadoras de novas ações conjuntas. Com essa organização, espera-se que ocorra a apropriação de necessários conhecimentos disciplinares, intercomplementares e transdisciplinares, ou seja, são com os demais componentes disciplinares da área que a Química pode participar no desenvolvimento das novas capacidades humanas. As concepções de ensino escolar são construções históricas que adquirem sentidos e significados próprios de acordo com o contexto. Na escola, criam-se intencionalmente e de forma planejada os contextos a serem estudados. Ao se tratar o conjunto dos componentes curriculares das Ciências da Natureza como área de estudos e com atenção para suas tecnologias, esses conhecimentos passam a ser intercomplementares, ou seja, qualquer avanço no significado de algum conceito em um campo científico, em uma disciplina, pode ter repercussão em outros campos ou disciplinas. Presume-se, então, que isso torna a significação do contexto muito mais rica e a aprendizagem mais consistente, contribuindo para o maior desenvolvimento dos estudantes. (BRASIL, 2006, p. 103).

1.3 Experimentação

Para Silva, Machado e Tunes (2010), a experimentação no ensino pode ser entendida como uma atividade que permite a articulação entre fenômenos e teorias. Desse modo tenta-se explicar fenômenos por meio de questionamentos e levantamento de hipóteses com auxílio de conhecimentos pré-estabelecidos e anteriormente vivenciados pelos alunos ou que façam alguma referência aos seus cotidianos.

No ensino de ciências, “a experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de

investigação”. (GUIMARÃES, 1999). Nas atividades por investigação os alunos mesclam ao mesmo tempo fatores conceituais, realizam procedimentos e incorporam atitudes ao realizar pesquisas pertinentes a determinado assunto. (POZO, 1998).

A partir disso, os professores fazem uma transposição dos conhecimentos prévios dos estudantes, na tentativa de explicar determinado experimento, para a introdução da linguagem científica. Este processo aproxima professores de alunos e cria um ambiente para a construção de um saber. Como a ciência não é de um todo perfeito utiliza-se de tentativas e erros para mostrar aos alunos que a construção do conhecimento se deu por um longo caminho de descobertas e pesquisas e que o conhecimento que conhecemos como certo poderá ser modificado a qualquer momento. Portanto para Giordan, uma experiência imune a falhas mimetiza a adesão do pensamento do sujeito sensibilizado ao que supõe ser a causa explicativa do fenômeno, em lugar de promover uma reflexão racionalizada. (GIORDAN, 1999).

No nono capítulo do livro Ensino de Química em Foco, intitulado “Experimentar sem medo de errar”, Silva, Machado e Tunes nos mostram como conduzir uma experiência demonstrativa investigativa. Segundo os autores Inicialmente deve-se fazer uma pergunta que irá despertar o interesse e a curiosidade dos alunos. Em seguida, realiza-se um experimento demonstrativo. Nesta etapa, há uma interação entre o professor e seus alunos e a partir daí, começa-se a observar qualitativamente o que está sendo visualizado, o que denominam de observação macroscópica. Em seguida, parte-se para a tentativa de explicar os fenômenos observados. Após ouvir as tentativas de explicações de seus alunos o professor então, aproveita as hipóteses dos estudantes para explicar o fenômeno, sanando as dúvidas e explicando as teorias científicas; esta etapa é conhecida como interpretação microscópica. Se couber, o professor também complementa com a expressão representacional na qual estarão presentes fórmulas, equações, linguagem química ou matemática que represente a explicação do fenômeno observado. Para concluir a abordagem, o educador retoma a pergunta inicial enfocando aspectos da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), contribuindo para o entendimento da ciência interligado ao cotidiano.

Breberá e Valdés¹ (1996) destacam quatro objetivos específicos que podem ser alcançados com o uso de atividades experimentais no ensino de ciências:

(1) proporcionar uma experiência direta sobre os fenômenos, permitindo que os alunos ampliem seus conhecimentos tácitos e sua confiança a cerca dos eventos naturais;

- (2) permitir contrastar a abstração científica, já estabelecida, com a realidade que esta pretende descrever, enfatizando, assim, a condição problemática do processo de construção do conhecimento, e fazendo com que aflorem alguns dos obstáculos epistemológicos que foi necessário superar na história do que fazer científico, muitas vezes omitidos na exposição escolar do conhecimento científico natural;
- (3) promover a familiarização dos alunos com instrumental tecnológico, desenvolvendo competências técnicas;
- (4) desenvolver o raciocínio prático, no sentido de que esta capacidade reflita um comportamento inerente ao social, interpretativo, próprio da condição humana e necessário para a práxis; um tipo de atividade na qual o desenvolvimento progressivo do entendimento do propósito que se persegue emerge durante o exercício da própria atividade. (BREBERÁ E VALDÉS, 1996, apud ROSITO, 2008, p.199-200).

Portanto, o objetivo primordial da experimentação é que os alunos consigam desenvolver hipóteses para a resolução de problemas, sejam capazes de relacionar teoria à prática, interligando o conhecimento adquirido ao cotidiano com uma visão crítica e cidadã.

¹BREBERÁ, O & VALDÉS CASTRO, P. Investigación e Experienciais Didácticas: La Orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: um exemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, vol.4, n.2, p.155-163, 1996.

CAPÍTULO 2

BREVE HISTÓRICO SOBRE A HISTÓRIA DA ASTRONOMIA

Segundo Mourão (1987), a Astronomia é a “Ciência dos astros e mais genericamente de todos os objetos e fenômenos celestes.” Ela está vinculada a uma série de estudos para elucidar os processos, propriedades químicas e físicas, origens e evolução destes corpos.

E para tanto, os homens a muito vêm se apropriando de conhecimentos como estes para tentar desvendar os mistérios do Universo. “Assim, as formas com as quais os homens se projetam para além das explicações científicas de sua época dão o tom de sua sensibilidade, de sua capacidade de imaginação”. (PERNOUD², 1997, 159-164 apud COSTA, 2002).

Segundo Nogueira (2009, p.19): “No firmamento, os primeiros homens e mulheres, ainda na pré-história, perceberam a existência de mecanismos e ciclos específicos que se refletiam em suas atividades terrenas e eram marcados pela posição das estrelas.” Como vemos, desde a Antiguidade, a astronomia vem sendo utilizada como ferramenta de sobrevivência, pois os povos antigos precisavam compreender as estações do ano por meio da observação dos astros. Por isso, faziam ligações entre estes e seus calendários climatológicos. Isso lhes davam informações a respeito do tempo que iriam enfrentar e se poderiam ou não seguir com seus propósitos em suas colheitas. Pode-se dizer que é uma das ciências mais antigas já estudadas e seus registros datam aproximadamente 8.000 a.C. na Mesopotâmia, “região entre os rios Tigre e Eufrates onde hoje está o Iraque, e sua influência se fez sentir no mundo ocidental por meio da influência que transmitiram aos gregos”. (NOGUEIRA, 2009, p.28). Os sumérios, povos ocupantes da região mesopotâmica, acreditavam que a aparição de cometas ou de eclipses estava intrinsecamente atrelada às divindades e a acontecimentos desastrosos.

“O conhecimento sumério sobre os céus (cerca de 25 séculos a.C.) parece ter sido limitado a mitos, acompanhado de descrições de estrelas e de constelações” (NEUGEBAUER, 1969, p.99). Em torno de 740 a.C. começaram a surgir relatos constantes associados a maus agouros. Com base em tais fatos, os babilônios previam os movimentos dos planetas sem

²PERNOUD, Régine. Luz sobre a Idade Média. Lisboa: Publicações Europa-América, 1997

necessidade de consultar os registros antigos, por meio de cálculos subjetivos, como por exemplo, o da repetição de eclipses.

Os egípcios também eram bastante supersticiosos e acreditavam que a leitura de previsões astrológicas poderia significar a ira ou a benção dos deuses. Para Vinicius Beck (2005), os egípcios tomavam o Sol como base para a confecção de um calendário, a fim de entender o plantio de suas colheitas. Além disso, utilizavam tais informações para prever as cheias dos rios e para contemplar suas entidades celestiais. “Cada ano começava com a enchente anual do Nilo, possuindo 365 dias divididos em 12 meses de 30 dias (por influência das fases da lua), e mais 5 dias de festas para comemorar o aniversário dos deuses Osíris, Hórus, Ísis, Neftis e Set.” BECK (2005, p. 53). “Além disso, os gregos foram responsáveis pela divisão do dia em 24 horas. Em meados do segundo milênio da era cristã eles já utilizavam relógios solares e relógios de água” (PEDERSEN, 1993, p.2). Os gregos adotaram o calendário egípcio e posteriormente o ocidente passaria a utilizá-lo. As famosas edificações foram inspiradas na posição dos astros. BECK (2005) relata que:

As maiores pirâmides do Egito, as pirâmides de Quéops, Quéfren e Miquerinos, são conhecidas como “as pirâmides de Gizé”, pois ficam nas proximidades da cidade de Gizé. A maior das 3 é a pirâmide de Quéops, possuindo 147 metros de altura e tendo por base um quadrado de 234 metros de lado. Era orientada pelos 4 pontos cardeais celestes, tendo como entrada a face norte. Segundo Heródoto, 100 mil operários levaram 30 anos para colocar no lugar os 2 milhões e meio de blocos de pedra usados na sua construção. (BECK, 2005, p. 54).

A construção das pirâmides ainda é um mistério para nossa civilização. E na tentativa de compreender os mistérios que circundam este tema, egiptólogos britânicos realizaram alguns estudos na região e constataram que “os astrônomos do Egito Antigo alinharam as pirâmides ao polo norte usando duas estrelas, supostamente alinhadas no céu”. Kate Spence, da Universidade de Cambridge, formulou esta hipótese ao tentar explicar os desvios no alinhamento da base de algumas pirâmides na direção norte da Terra. Para Spence, “os antigos egípcios estavam extremamente interessados no céu, em especial nas estrelas no céu do Círculo Polar e que eles sempre se referiam a elas como 'As Indestrutíveis’”. (BBC Brasil, 2000). Sendo assim, estas estrelas tornaram-se vinculadas à Eternidade e a vida do faraó após a morte. O soberano então, ao falecer, aguardava se juntar as estrelas do céu do Círculo Polar e de acordo com a explicação de Kate Spence, as pirâmides foram erguidas voltadas para elas. (BBC Brasil, 2000).

Também na China, a astronomia foi basicamente voltada à religiosidade e a astrologia. Segundo relatos “há dificuldade de reconstituir todo o conhecimento astronômico chinês, pois no ano 213 a.C. todos os livros foram queimados por decreto imperial.” (CORRÊA, 2011, p.3). Mas ainda podem-se encontrar relatos do século IX a.C. O povo chinês conhecia intimamente a periodicidade dos eclipses solares e lunares, podendo prevêê-los. “Deixaram registros de anotações precisas de cometas, meteoros e meteoritos desde 700 a.C. Mais tarde, também observaram as estrelas que agora chamamos de novas.” (OLIVEIRA, SARAIVA, 2004, p.1).

Na Europa Antiga, podemos destacar o sítio megalítico de Stonehenge, na Inglaterra. Ele é composto por um círculo de pedras, cada uma com uma massa de aproximadamente 26 toneladas. Algumas delas estão alinhadas com o nascer e o por do Sol no início do verão e do inverno. E muitos são os questionamentos a respeito desta estrutura, perdurando até hoje perguntas referentes à sua origem e finalidade.

A ciência antiga atingiu seu apogeu em cerca de 600 a.C. a 400 d.C, na Grécia. A civilização grega possuiu em sua formação uma gama de questionadores da história. “O modo de pensar mesopotâmico não permitia avançar muito mais, mas a Grécia, com seus grandes filósofos e uma liberdade maior de pensamento e religião, proporcionaria uma reflexão mais sofisticada dos fenômenos celestes”. (NOGUEIRA, 2009, p.29). Estes possuíam a vontade e a curiosidade de compreender e explicar fenômenos no Universo. Herdaram alguns conhecimentos voltados aos corpos celestes de civilizações anteriores a eles e a partir destas teorias aprimoraram e realizaram novas descobertas em torno do estudo do cosmos. Muitos são os pensadores que merecem destaque neste período. E abaixo são descritos alguns destes renomados nomes que contribuíram para a ciência que conhecemos hoje.

Tales de Mileto (~624-546 a.C.) foi um homem de muitos seguidores como Anaxágoras e Anaximandro. Contribuiu para a Grécia com conhecimentos de astronomia e geometria, os quais foram embasados em experiências vivenciadas no Egito. Previu o eclipse solar do ano 584 a.C, pois entendia a curvatura da terra e que o Sol por vezes iluminava a Lua. (KIRK ET AL., 1983).

Pitágoras de Samos (~572-497 a.C.) foi o primeiro estudioso a designar o céu como cosmos. Segundo Dreyer (1953), supõe-se que ele foi o primeiro grego a afirmar que a terra era esférica assim como o Universo. Acreditava que os planetas, o Sol, e a Lua eram levados no espaço por esferas diferentes da que carregavam as estrelas.

Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.) Foi discípulo do filósofo Platão, elucidou as fases da Lua afirmando que elas ocorrerão de modos distintos, de acordo como a Lua será iluminada pelo Sol e da quantidade de exposição desta parte iluminada estará voltada para o nosso Planeta. Argumentou sobre o formato esférico da Terra, com o estudo do eclipse lunar. Aprimorou a teoria das esferas concêntricas de Eudoxus de Cnidus (408-355 a.C.) e propôs que o Universo era finito e esférico, pois senão ele não teria centro e não se moveria. (CORRÊA, 2011).

Heraclides de Pontus (388-315 a.C.) propôs a existência de é um pequeno círculo composto por um astro em torno de um ponto ilusório, descrevendo a partir de seu novo ponto, outro círculo. Discutiu sobre o eixo da Terra e a rotação desta sobre ele de Oeste para Leste, dando a impressão de que as estrelas fixas movessem de Oeste para Leste. “Essa impressão provinha do fato de que as estrelas fixas jamais mudavam suas posições relativas, uma em relação às outras, e não mudavam de brilho” de modo perceptível. (LOPES, 2001, p. 100).

Aristarco de Samos (310-230 a.C.) pesquisou sobre como medir as distâncias relativas da Lua e do Sol ao planeta Terra e obteve resultados quantitativos da Lua, Sol e Terra. Antecipou as teorias de Copérnico, heliocentrismo, ao propor que a Terra se movia em volta do Sol. (OLIVEIRA, SARAIVA, 2004).

Erastóstenes de Cinere (276-194 a.C) foi responsável pela descoberta de um método simplório e de grande praticidade, conhecido como o crivo de Erastóstenes, para encontrar números primos até certo valor limite. Propôs um sistema de coordenadas geográficas semelhante ao empregado em hoje. Representou a Terra com um globo. Foi iniciante ao determinar o raio da Terra. Para tanto, realizou medições fazendo ligação entre a distância da cidade de Siena, localizada no Egito, e a cidade de Alexandria com a localização do Sol em graus, no mesmo dia e mesma hora. (NOGUEIRA, 2009).

Hiparco de Nicéia (160-125a.C.), apontado como o maior astrônomo que antecede a era cristã, realizou observações durante o período de 160 a 127 a.C. e a partir daí ordenou num suporte material a posição e a intensidade luminosa de 850 estrelas presentes no céu. A magnitude, que especificava o brilho da estrela, era dividida em seis categorias, em ordem decrescente de intensidades visível a olho nu. (CORRÊA, 2011). Hiparco deduziu corretamente a direção dos polos celestes e a variação da direção do eixo de rotação da Terra devido à influência gravitacional da Lua e do Sol. Para entender esta variação, conhecida como precessão, ele comparou as posições de várias estrelas com outras anteriormente catalogadas por estudiosos.

Hiparco também determinou corretamente a razão entre o tamanho da sombra da Terra e o da Lua, deduzindo a duração do ano com limite de erro de 6 minutos. (CORRÊA, 2011).

Claudio Ptolomeu (87-150 d.C.) reuniu uma série de treze volumes sobre astronomia, intitulada, o *Almagesto*, sendo esta uma grande fonte de saber a respeito da astronomia da Grécia antiga. Mas, sua contribuição mais considerável foi uma representação geométrica do sistema solar, geocêntrica, com círculos, possibilitando prever o movimento dos planetas com certa precisão. Introduziu “os epiciclos, isto é, um modelo no qual os planetas descrevem movimentos de pequenos círculos que se movem sobre círculos maiores, esses centrados na Terra.” (STEINER, 2006).

No período medieval, o porquê dos acontecimentos e o movimento dos corpos celestes estavam mais relacionados com a vontade Divina. O mais importante não era conhecer uma vasta coletânea de leis e princípios, mas sim entender e julgá-los corretamente para não perecer com a ira Deus. Os eclipses, por exemplo, indicavam maus presságios e danação para os pecados. Logo, olhar para o céu, era como esperar uma mensagem do Criador, como se os acontecimentos já estivessem estabelecidos e prontos para acontecerem quando, assim, Deus desejar. “No entanto, esta questão levantava outra: se tudo está escrito nas estrelas, se tudo está predestinado, como explicar o livre-arbítrio? Como escapar das influências astrais?” (COSTA, 2002, p.492). De acordo com Dante (1265-1321), o céu estimulava os acontecimentos e as ações humanas, todavia o direito de escolha era livre. (COSTA, 2002).

As concepções aristotélicas influenciaram este período ao questionarem que o movimento se dava de forma circular ou retilínea no Universo e este estava dividido no mundo sublunar, no qual os corpos se encontram de maneira natural ou retornavam, quando, dele fossem afastados e o mundo supralunar, onde se encontravam anjos e seres celestiais. “Os orbes e os astros eram compostos pelo famoso “quinto elemento”, ou quintessência, também chamado de “éter”. Lá, reinavam a organização perfeita e a imutabilidade.” (NOGUEIRA, 2009, p.33). Deste lugar, partiam fluxos para o mundo sublunar e direcionavam os movimentos humanos. Para Aristóteles, pensador grego, o movimento natural dos elementos água, terra convergiam para o centro da Terra, já o ar e o fogo deveriam distanciar-se deste centro. Isso de dava de acordo com o ‘peso’ de cada elemento, sendo que os leves se afastavam para longe do centro e os mais pesados tendiam ao centro. Mas essa ideia de estado natural passava um contexto de estática cósmica e qualquer movimento neste mundo sublunar iria desequilibrar o sistema. Os movimentos do

mundo sublunar possivelmente seriam passageiros para que posteriormente voltassem ao equilíbrio. Por esses motivos, Aristóteles acreditava que a Terra era o centro do universo. (FRANCIOTTI, 1991).

As concepções de Ptolomeu continuaram a ser utilizadas por aproximadamente uns mil anos ainda na Europa e tiveram várias contribuições para a Astronomia, mesmo com a ideia de geocentrismo.

A história da astronomia nas Américas aos poucos vem sendo desvendada por meio de pesquisas arqueológicas. Com o que já foi descoberto, acredita-se que os povos astecas, incas e maias possuíram um vasto desenvolvimento desta ciência, devido a achados em ruínas de sítios que datam de 100 a.C. a 1000 d.C. (CORREIA, 2011).

2.1 Astronomia Moderna

Com o advento das grandes navegações e a realização de viagens ao Oriente Médio, Ásia e América, os europeus passaram a modificar suas crenças. Retomando a teoria heliocêntrica herdada dos gregos, o polonês Nicolau Copérnico, nascido em 1473, baseou-se nas medições de Hiparco e Ptolomeu, apresentando em 1543, em seu livro “As Revoluções dos Orbes Celestes” que a Terra e outros planetas giravam ao redor do Sol, descrevendo uma órbita circular. Além disso, acreditava que a Lua girava em órbita circular ao redor da Terra e as estrelas encontravam-se fixas no espaço. Nicolau Copérnico deu início a Astronomia Moderna, apesar de observações mais precisas apenas serem realizadas por volta de 1608 com a descoberta do telescópio. Outro considerado astrônomo que precedeu o telescópio foi o dinamarquês Tycho Brahe. Ele afirmava que o Sol e a Lua giravam em torno da Terra. Já os planetas Saturno, Júpiter, Marte, Vênus e Mercúrio giravam ao redor do Sol. Brahe nasceu no ano de 1546 e possuía um observatório bastante equipado. Desvendou precisamente movimentos das órbitas planetárias e observou o aparecimento de uma Supernova em 1572. (MIGUENS, 2006).

Já “Johannes Kepler (1571–1630), astrônomo alemão membro da equipe e sucessor de Tycho Brahe, publicou, em 1609, dois dos mais importantes princípios astronômicos, a Lei das Áreas Iguais e a Lei das Órbitas Elípticas.” (MIGUENS, 2006). Passados nove anos, anunciou

sua terceira lei, “que relaciona os períodos de revolução de quaisquer dois planetas com as suas respectivas distâncias do Sol (Lei da Proporcionalidade dos Quadrados das Revoluções e dos Cubos das Distâncias).” (MIGUENS, 2006). Tais conhecimentos contribuíram para posteriores atividades marítimas.

Galileu Galilei - (1564 - 1642) além de astrônomo foi também matemático e inventor. Seus estudos ultrapassaram a Física e influenciaram áreas sociais, políticas e religiosas. Trouxe também contribuições para o trabalho de muitos outros cientistas. Quando aprimorou o telescópio, fez descobertas fundamentais a respeito da Via Láctea, na qual era composta por infinidade de estrelas, das luas de Júpiter e outras. Galileu em seu íntimo apoiava a Teoria Heliocêntrica, porém teve que negar sua crença diante da Igreja com medo de retaliações da ‘Santa’ Inquisição. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004)

Isaac Newton (1642–1727) realizou uma descrição quantitativa das órbitas dos corpos celestes. Newton desenvolveu as Leis da mecânica, Modelo corpuscular da óptica geométrica (instrumentos ópticos), Cálculo diferencial e integral. Em 1687, publicou suas leis dos movimentos, afirmando que os corpos assumem forças de atração uns sobre os outros. (MIGUENS, 2006). Já William Herschel (1738-1822) é considerado por muitos estudiosos como o maior astrônomo do século XVIII. “Além da descoberta da radiação infravermelha, ele foi o descobridor de Urano, o sétimo planeta, visível apenas com o auxílio de telescópios.” (NOGUEIRA, 2009, p.43). Desenvolveu incríveis telescópios newtonianos, pois era um excelente fabricante de equipamentos ópticos. Elaborou o primeiro Mapa Celeste, bem como descobriu as primeiras estrelas, nebulosas e luas em Saturno com auxílio de um telescópio.

Edmond Halley, em 1718, concluiu que as estrelas possuíam movimentos próprios. Estudou a respeito das mudanças de posições destes corpos celestes e seu deslocamento levando em consideração seus movimentos de precessão, nulação e aberração. (MIGUENS, 2006).

Como podemos observar, muitos foram os cientistas que contribuíram para a formação dos conhecimentos relacionados à Astronomia e neste capítulo foram citados apenas alguns deles. Por fim, e não menos importante, temos o alemão Albert Einstein (1879-1955) o qual exibiu sua nova descoberta, mais conhecida como a teoria da relatividade geral, em 1915. Um de seus pontos era que “a relatividade tratava a gravitação como uma curvatura no espaço e no tempo, o Universo passaria a ser encarado como algo dinâmico, tendo sua história regida pela ação da gravidade ao longo do tempo” (MIGUENS, 2006, p.546). “Sua teoria foi de grande significado

para a evolução da astronomia e da cosmologia, permitindo, por exemplo, resolver o problema da curvatura da luz e do deslocamento para o vermelho das linhas espectrais por um campo gravitacional.” (MIGUENS, 2006, p.546).

CAPÍTULO 3

FORMAÇÃO, TIPOS E COMPOSIÇÕES QUÍMICAS DAS ESTRELAS

A formação do Universo é tema de diversas discussões e sua origem vem sendo estudada ao longo dos séculos. Muitos cientistas tentaram compreendê-la e várias teorias foram desenvolvidas a fim de explicar este processo tão complexo. Acredita-se que o Universo originou-se de uma grande explosão conhecida como Teoria do Big Bang. No espaço, uma porção de matéria ia concentrando-se e formando um material primordial de densidade infinita e quente. A partir de uma alteração desconhecida, este material expandiu e resfriou-se dando origem ao espaço-tempo como o conhecemos. (STEINER, 2006). Esta explosão levou a formação inicial de um plasma contendo mini partículas e posteriormente deu origem a elementos químicos leves como o Hidrogênio e o Hélio num processo conhecido como nucleossíntese, ou seja, formação de novos núcleos atômicos por meio de outros pré-existentes de prótons e nêutrons. Já outros elementos mais pesados, como o carbono, ferro e oxigênio foram criados no interior dos núcleos das estrelas por processos de fissão ou fusão nuclear iniciada pelo Hidrogênio.

Este processo de nucleossíntese é progressivo e contínuo. Inicialmente há produção de hidrogênio e hélio. Em seguida, há formação de estrelas que cumprem seu ciclo vital, posteriormente expandem ou contraem-se, ejetando elementos químicos produzidos em seu interior por meio de fusão nuclear. Este material expelido, então, fará parte da composição de novas estrelas a serem formadas. À medida que as reações nucleares ocorrem há liberação de grande quantidade de energia, pois as massas dos núcleos produzidos são menores que a dos iniciais. Explicando assim, o porquê de podermos enxergar, por exemplo, a luminosidade e o calor do Sol em nosso Planeta. (ALVES, s.d.).

3.1 O nascimento das estrelas

A maioria das estrelas da nossa Galáxia foi formada há muitos anos. No entanto, pode-se encontrar uma porção de estrelas jovens e ainda em formação. Estes corpos celestes formam-se com a junção de grandes nuvens de gás e poeira que se espalham pelo meio interestelar. Estas nuvens são formadas por mais de 80% de Hidrogênio, aproximadamente 18% de Hélio e de 1% a 2% de elementos mais pesados. Estas nuvens moleculares contêm grande quantidade de massa, de 100 a 1000 vezes a massa do Sol. Compõem cerca de 10% de toda a massa da nossa Galáxia. Se todas elas fossem convertidas em estrelas, a nossa Galáxia seria provavelmente uma das mais brilhantes, porém a radiação proveniente delas seria muito intensa, podendo prejudicar, por exemplo, o Planeta Terra devido a esta irradiação. Em condições normais, estas nuvens gasosas demoram um bom tempo até que produzam novas estrelas. “Na Galáxia inteira nascem menos de uma dezena de estrelas por ano!”. (CAPELATO, 2003, p.26).

O traço evolutivo de uma estrela é caracterizado principalmente por sua massa inicial. (KONAMA, 1976). Para Oliveira e Saraiva (2004, p.511), as observações:

(...) indicam que as estrelas nascem da matéria interestelar, provavelmente quando uma nuvem de gás se torna gravitacionalmente instável, possivelmente pela passagem de uma onda de choque causada pela explosão de uma supernova nas proximidades, ou pela passagem de uma onda de densidade, como aquelas teoricamente responsáveis pelos braços espirais das galáxias, e colapsa.

As estrelas são formadas através de nuvens de gases, compostas de camadas de diferentes características e que apresentam heterogeneidade em suas densidades, por um fenômeno conhecido com instabilidade gravitacional. Este fenômeno pode ser entendido como o inverso do equilíbrio hidrostático da estrela, ou seja, as camadas destas nuvens sofrem tanto a pressão pela força da gravidade como do interior da nuvem (CAPELATO, 2003). Os locais mais densos atraem outras partículas presentes na nuvem, aumentando cada vez mais a sua massa. As partículas gravitacionalmente atraídas adquirem energia cinética ao moverem-se em direção ao núcleo original de condensação devido a esta força. À medida que estas partículas vão sendo agregadas, a energia cinética do local para onde elas convergiram aumenta, aumentando também a temperatura. Em determinado momento esta região de grande densidade adquire temperatura

suficiente para um grande número de colisões ocorrerem, que serão capazes de ionizar os átomos do gás. (ZIEBELL, 2004). Este processo evolutivo gera um plasma no centro da protoestrela, que nada mais é que um aglomerado gasoso formado por “um movimento de contração que pode se transformar num colapso”, ou seja, todas as camadas se convergem em direção a um ponto ao mesmo tempo. Assim, forma-se um aglomerado de gás mais denso e quente no interior da nuvem. Conforme ocorre a convergência de massa, há aumento de temperatura interna e condições propícias para o começo da fusão do Hélio e em consequência disso, a produção de energia nuclear. Este é um dos processos de formação das estrelas. (CAPELATO, 2003). Visto isso, começam-se reações de fusão nuclear em nível significativo, nas quais “núcleos leves unem-se para formar núcleos mais pesados, liberando energia no processo.” (ZIEBELL, 2004, p.15).

A energia produzida por tais reações aquecem as camadas adjacentes ao núcleo. E como o processo de evolução das estrelas é determinado fundamentalmente pela massa, estrelas com grande quantidade de massa apresentam em seus núcleos altas temperaturas e pressão, provocando muitas reações de fusão. “Uma pequena quantidade de matéria remanescente é convertida em energia na forma de radiação eletromagnética ou fótons.” (PEREIRA, s.d). O combustível nuclear pode ser consumido rapidamente, e o ciclo de vida da estrela pode ser curto. Entretanto estrelas de pouca massa, geralmente, evoluem mais devagar, e podem apresentar ciclo de vida maior. Um exemplo disso é o Sol e está presente por bilhões de anos. (ZIEBELL, 2004). Relacionando-se as massas das estrelas com a pressão e a gravidade tem-se que:

A força da gravidade tende a contrair a estrela enquanto a pressão, devido à radiação, tende a expandi-la. Nas estrelas com massa inferior a 8 vezes a massa do Sol, o processo de fusão nuclear seguirá formando He, carbono (C) e oxigênio (O). A pressão de radiação superará a ação da gravidade e a estrela se expandirá, sua temperatura e pressão diminuem cessando o processo de fusão.

Nas estrelas com massa superior a esse limite, a fusão nuclear prossegue formando neônio (Ne), magnésio (Mg) e ferro (Fe). A estrutura nuclear do Fe apresenta um obstáculo para a fusão nuclear, mas a temperatura da estrela continuará aumentando e ela explodirá em uma estrela nova, ou supernova. A imensa quantidade de energia criada durante a explosão tornará possível a formação de outros elementos além do Fe. Depois da explosão, a evolução segue e a estrela poderá tornar-se uma estrela de nêutron ou mesmo um buraco negro. (PEREIRA, s.d., p.1).

Grande parte das estrelas formadas ainda leva consigo resquícios das nuvens que lhe deram origem e permanecem próximas dos locais em que foram criadas. Ainda tomando os aglomerados gasosos, pode-se comprovar que “um único colapso pode resultar em uma grande

quantidade de estrelas. Por esse motivo é comum se encontrar estrelas em aglomerados, associações e sistemas múltiplos.” (HETEM; PEREIRA, 2010, p.39).

3.2 Gigantes vermelhas e anãs brancas

As estrelas conhecidas como gigantes vermelhas possuem massa menor que aproximadamente duas massas solares. Elas se contraem durante determinado período até que obtenham temperatura e densidade suficientes para que haja queima de Hélio em Carbono. Durante essa contração até a queima, a estrela aumenta o seu brilho consideravelmente. “A ignição do Hélio ocorre quando a temperatura central chega aos 100 milhões de graus (108 °K). Ela acontece de repente: é o chamado flash do Hélio.” (CAPELATO, 2003, p.31). “O caroço central se expande subitamente e a luminosidade da estrela diminui até se estabilizar várias ordens de grandeza abaixo, enquanto o Hélio passa a ser queimado de maneira quiescente.” (CAPELATO, 2003, p.31). Quando ocorre toda a queima de Hélio e acaba a produção de energia nuclear, a estrela se contrai e se transforma numa anã branca.

Apesar de as anãs brancas identificadas estejam próximas do Sol, aproximadamente 98% de todas as estrelas que já saíram da sequência principal são anãs brancas. Estes corpos celestes resfriam-se de forma lenta, mesmo as anãs brancas mais velhas no disco da nossa galáxia ainda se encontram visíveis. Como as anãs brancas têm massa relativamente pequena comparada com algumas estrelas e são resultados de resquícios de estrelas de 1 a 10 massas solares, a maior parte da massa dos astros que as originaram foi perdida antes da formação completa da anã branca. “As nebulosas planetárias são um dos canais de formação das anãs brancas, mas existem outros canais evolutivos: estrelas passando para anã branca diretamente do ramo horizontal estendido e também estrelas binárias interagentes.” (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004, p. 460).

3.3 Supernovas

Estes corpos celestes existem num tempo de aproximadamente dezenas de bilhões de anos consumindo hidrogênio velozmente. Então, elas se tornam gigantes vermelhas extremamente grandes (chamadas de Super-Gigantes vermelhas), com o caroço de Hélio rodeado por uma camada onde queima o Hidrogênio. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004).

“Passando o estágio de gigante vermelha, a estrela torna-se ainda mais luminosa, sofrendo agora de episódios de pulsação e de ejeção de gás a altas velocidades.” (CAPELATO, 2003, p.32). O centro denso e não reativo de massa composto por Carbono e Oxigênio começa a se contrair a procura de outras fontes de energia nuclear. Quando a temperatura torna-se muito elevada e há aumento de densidade do caroço central, o Carbono e o Oxigênio passam a ser queimados gradualmente em elementos desde o Neônio até o Ferro. Entretanto, a energia nuclear liberada por estes processos reativos não é muito significativa sendo então, irradiada pela superfície da estrela como também outras que são perdidas na forma de energia eletromagnética e luz.

Com a perda constante de energia, permanece o que sobra como reserva energética é a energia gravitacional. “Para compensar as perdas cada vez maiores de energia, o caroço tem que contrair cada vez mais rápido.” (CAPELATO, 2003, p.32). Perdendo energia devido à formação de metais mais pesados que o ferro (Fe), o caroço em contração livre colapsa inteiramente e a estrela explode, pois ocorrem em seu processo evolutivo reações tão intensas que uma grande quantidade de energia é liberada num pequeno espaço de tempo. “A estrela que sofre este tipo de processo é conhecida como supernova, e o núcleo remanescente pode ser de dois tipos”. (ZIEBELL, 2004, p.16). Caso ela seja suficientemente grande, colapsará e formará um buraco negro. “Se a massa for inferior a um determinado limite crítico, resta um núcleo constituído basicamente de matéria nuclear, circundado por um plasma em que coexistem elétrons e pósitrons.” (ZIEBELL, 2004, p.16). Constata-se que apenas “por um curto período de tempo ela torna-se tão brilhante quanto todas as estrelas da Galáxia brilhando juntas.” (CAPELATO, 2003, p.33).

3.4 Estrelas de Nêutrons e buraco negro

A estrela de nêutrons advém de estrelas de grande densidade e deve girar com grande velocidade para conservar o momento angular original da estrela que lhe deu origem (ZIEBELL, 2004). Elas são maciças, quentes e “deveriam ser achatadas pela própria gravidade, mas esse colapso é impedido por uma propriedade dos nêutrons, que não podem ocupar um mesmo lugar e um mesmo estado quântico ao mesmo tempo”. (VEJA, 2010, p.133). Caso a Terra estivesse no caminho dos feixes de radiação, os quais giram em conjunto com a estrela, observar-se-ia pulsos de radiação, que se repetem regularmente em pequenos intervalos, comandados pelo período de rotação do astro. Esta estrela se enquadrará na classificação de um Pulsar. (ZIEBELL, 2004). “Das cinzas da estrela morta uma nova estrela nasce, uma estrela que envia através do espaço uma mensagem pulsada que chega aos confins da Galáxia.” (CAPELATO, 2003, p.34).

Este tipo de estrela nunca possui massa acima de 3 vezes a do Sol, pois não suporta a força gravitacional produzida por massas maiores que este valor. Neste sentido, se sua massa for maior que este valor limite, a explosão continua até produzir um buraco negro. “Esta região do espaço possuem campos gravitacionais extremamente intensos. O espaço-tempo no seu entorno é completamente encurvado e, embora a matéria possa ser atraída por ele, dele nunca poderá escapar.” (ZIEBELL, 2004, p.16). Segundo a teoria da relatividade, eles deformam o “espaço-tempo” e passam a atrair para si toda a matéria e energia à sua volta. (VEJA, 2010).

CAPÍTULO 4

COR E LUMINOSIDADE DAS ESTRELAS

A luz emitida pelas estrelas é de grande relevância para o entendimento de fenômenos astronômicos. Conhecimentos a cerca de temperatura e composição química de corpos celestes são obtidas a partir do estudo e interpretação da radiação por eles emitida. Esta radiação conhecida como eletromagnética trata-se do transporte de energia por meio de flutuações dos campos magnéticos e elétrico. A luz, ou radiação eletromagnética, pode ser observada sobre diferentes faixas espectrais como o visível, infravermelho e o ultravioleta. (HETEM, PEREIRA, 2010).

Enquanto onda a luz se desloca no espaço por meio de ondas eletromagnéticas, que não necessitam de um meio físico para serem transportadas, e, portanto distinguem-se dos outros exemplos de ondas encontrados na natureza, como ondas na água, ondas sonoras ou sísmicas. Uma onda eletromagnética é composta por um campo elétrico e um magnético os quais vibram em planos perpendiculares entre si e juntos através do espaço à velocidade da luz. (HETEM, PEREIRA, 2010).

Enquanto partículas, além dos fenômenos puramente ondulatórios, ocorrem também outros processos, como a interação da radiação com a matéria na forma de átomos ou moléculas. Tais processos requerem que a radiação eletromagnética tenha características de pacotes discretos ou quanta de energia. No caso da luz visível, o quanta é um conjunto de fótons, e a energia de cada fóton é dada por $E=h \cdot \nu$, onde $h=6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s. (constante de Planck) e ν (frequência da luz). (HETEM, PEREIRA, 2010).

As ondas eletromagnéticas são responsáveis pela chegada da luz das estrelas até os nossos olhos. Essa radiação pode ser entendida em função de sua intensidade, na forma de luz representada num espectro ou numa dada faixa de comprimentos de onda. A faixa do visível abarca comprimentos de onda desde o violeta: 3900 Å até o vermelho: 7200 Å, sabendo que 1 Å equivale a 10^{-8} cm ou 0,1 nm, “a qual corresponde à radiação da luz solar, que pode ser

decomposta em diferentes frequências. A luz branca, quando atravessa um prisma é decomposta em diferentes cores (vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta na faixa do visível)”. (HETEM, PEREIRA, 2010, p. 51.). Logo a radiação das estrelas se apresenta num espectro contínuo.

A curva de distribuição de energia de um espectro contínuo é parecida com a de um corpo negro, ou seja, segue aproximadamente a lei de Planck:
$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1},$$
 (em erg. cm⁻². s⁻¹. Hz⁻¹. sr⁻¹). (OLIVEIRA, SARAIVA, 2004). Define-se como um corpo negro um corpo que se encontra a uma determinada temperatura T no qual suas paredes reabsorvam a radiação emitida. “Nessa definição, a radiação depende apenas de T, ou seja, supõe-se um estado de equilíbrio termodinâmico (propriedades constantes no tempo).” (HETEM, PEREIRA, 2010, p. 51.).

Tomando-se a função de Planck para diferentes temperaturas, tem-se que com o aumento da temperatura, as curvas de corpo negro se deslocam para direção do azul, no espectro, ou seja, para comprimentos de ondas mais curtos. Caso faça-se a derivada primeira da intensidade pela frequência e igualemos a zero, obtém-se o máximo da intensidade: $h\nu_{\max} = 2,821 kT$, onde k é a constante de Boltzmann. Caso derivemos a intensidade em relação ao comprimento de onda obtém-se a Lei de Wien: $\lambda_{\max} T = 0,0028978(K.m)$. (HETEM, PEREIRA, 2010). Então, quanto maior a temperatura, maior será a intensidade da radiação e esta se deslocará para comprimentos de ondas mais curtos. (ATKINS, 1997). “Usando a lei de Wien, podemos estimar a temperatura superficial do Sol em função do comprimento de onda correspondente ao pico de emissão ($\lambda_{\max} \sim 500nm$), que resulta num valor de aproximadamente $T = 5800K$ ”. (HETEM, PEREIRA, 2010, p.52.).

Outras observações podem ser realizadas a respeito da aproximação da Lei de Planck em algumas frequências: para altas frequências e temperaturas não muito grandes utiliza-se a distribuição de Wien; para frequências baixas e temperaturas não muito baixas, utiliza-se a distribuição de Rayleigh- Jeans, na qual seus colaboradores imaginavam que o campo eletromagnético era composto por osciladores de várias frequências e que se uma radiação com determinada frequência fosse emitida, um oscilador específico teria sido excitado. Não se aplica a comprimentos de onda pequenos e frequências altas, pois senão o oscilador poderia ser excitado até em temperatura ambiente, com energia muito grande, implicando na catástrofe do ultravioleta. (ATKINS, 1997, v.2).

Além das teorias citadas, outra teoria que contribui para a interpretação da radiação do corpo negro é a Lei de Stefan-Boltzmann. “Em 1879, Josef Stefan investigava o aumento do brilho de um corpo negro quando um objeto era aquecido e descobriu que a intensidade total emitida em todos os comprimentos de onda aumentava com a quarta potência da temperatura” (ATKINS, 2006, p.116.). Logo esta Lei, na qual se obtém o fluxo na superfície de uma estrela em sua temperatura efetiva é dado por: $\varepsilon = \sigma \times T^4$ (HETEM, PEREIRA, 2010). “O valor experimental da constante σ é igual a $5,67 \times 10^{-8} \text{ J. m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4} \cdot \text{s}^{-1}$.” (ATKINS, 2006, p.116.).

4.1 Estrutura atômica e Origem Quântica

“No início do século XX, os cientistas começaram a estabelecer as bases para a compreensão da formação dos espectros à medida que eles começaram a aprender mais sobre a estrutura dos átomos e a natureza da luz.” (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004, p.215). Muitos foram os estudiosos que puderam contribuir significadamente para a interação da luz com a matéria. Entre o período de 1665 a 1666, Isaac Newton demonstrou que a luz branca se decompõe em diversas cores ao passar por um prisma formando um espectro contínuo como o arco íris e isso pode ser constatado também com a luz Solar. Já, William Hyde Wollaston observou, em 1802, o aparecimento de linhas escuras num espectro ao se passar a luz do Sol através de uma fenda e posteriormente por um prisma.

O alemão Joseph von Fraunhofer constatou a presença de 574 linhas dessas linhas escuras no espectro solar, até 1820, enquanto realizava seus estudos. Para linhas mais fortes, Fraunhofer as nomeou com letras maiúsculas e para mais fracas as quais tendiam para o vermelho, com letras minúsculas. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004). Ele pode observar também linhas deste tipo nos espectros de estrelas. Fraunhofer usava as linhas do espectro solar para determinar as propriedades dos vidros.

Em 1856, o químico de origem alemã Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899) criou o bico de Bunsen, que gerava uma chama incolor por meio da queima de um gás. Mas em seus estudos, ele observou que se fosse adicionada uma substância à chama, esta passaria a ter a coloração da

radiação emitida do elemento acrescentado e não seria mais incolor. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004).

Em 1856, Bunsen juntamente com o físico Gustav Robert Kirchhoff realizaram um experimento, passando a luz por um prisma e identificaram linhas de elementos químicos, chegando a seguinte conclusão: que gases quentes não emitiam um espectro contínuo e que cada elemento formava linhas espectrais distintas. Porém as linhas encontradas por estes dois cientistas eram brilhantes, diferentes daquelas linhas escuras obtidas por Fraunhofer. Kirchhoff então comparou o espectro do Sol e de um sólido quente com as linhas do sódio e viu que as linhas escuras deste espectro correspondiam exatamente a linhas brilhantes obtidas para o espectro do sódio. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004). Seguindo esta ideia ele formulou suas três leis que informavam que:

1ª - Um sólido, um líquido ou um gás, sob uma forte pressão, emitem uma radiação contínua: a decomposição da luz emitida dá um arco-íris.

2ª - Um gás incandescente sob uma fraca pressão emite uma radiação contínua à qual se sobrepõem riscas brilhantes mais ou menos finas: os comprimentos de onda dessas riscas são específicos dos elementos químicos do gás incandescente.

3ª - Quando uma fonte luminosa de radiação contínua é observada através de um gás frio sob fraca pressão, aparecem riscas sombrias sobre o espectro contínuo da fonte, nos mesmos comprimentos de onda das riscas de emissão produzidas por esse gás absorvente quando ele se torna incandescente. (CIÊNCIA VIVA, p.1).



Figura1: A) Espectro contínuo, produzido por uma fonte que emite luz em todos os comprimentos de onda na faixa do visível; B) Espectro de Emissão; C) Espectro de absorção. Fonte: Ref [14].

Em 1909, Ernest Rutherford (1871-1937), com a ajuda de Hans Geiger (1882-1945) e Ernest Marsden (1889-1970), realizou uma série de experimentos, nos quais bombardeava folhas de ouro com partículas alfa, ou seja, íons de hélio, e que algumas delas ficavam retidas na mesma direção de incidência. Por meio dessas e de outras observações, demonstrou-se que os átomos são

compostos de um pequeno núcleo formado de cargas elétricas positivas, cercado por uma nuvem de elétrons com cargas negativas. Além disso, concluiu-se que estas cargas negativas não poderiam estar paradas, senão iriam em direção ao núcleo devido à atração coulombiana. Portanto, Rutherford acreditava que os elétrons descreviam trajetória circular ao redor do núcleo. (OLIVEIRA, SARAIVA, 2004). Entretanto, ao realizarem este movimento, os elétrons acelerados emitiriam energia e aos poucos haveria perda desta, os elétrons então iriam de encontro ao núcleo e o átomo iria colapsar, tornando-se altamente instável.

Esse modelo atômico não encontrou respaldo já que átomos eram de fato estáveis, e sabia-se que quando os átomos emitem radiação, emitem em comprimentos de onda específicos para cada elemento e não em todos os comprimentos de onda. Devido a estas conclusões, percebeu-se que as leis da mecânica clássica não iam de encontro a explicações de fenômenos ocorridos em corpos microscópicos como os átomos.

Para tentar solucionar este problema, surgiu então a mecânica quântica. (OLIVEIRA, SARAIVA, 2004). Max Planck (1858-1947) desenvolveu em 1900, o modelo de quantização da luz segundo o qual a matéria emite luz em pacotes de energia. Albert “Einstein, em 1905, estudando o efeito fotoelétrico, usou a idéia da quantização e assumiu que cada quantum de luz, ou fóton, tem uma energia E dada por: $E = h\nu = hc$, onde h é a constante de Planck e c a velocidade da luz.” (OLIVEIRA, SARAIVA, 2004, p. 215).

O francês Louis de Broglie (1892-1987), em 1925, sugeriu que todas as partículas deveriam possuir propriedades de ondas. Ele propôs que o comprimento de onda associado à onda da partícula é inversamente proporcional a massa da partícula e a velocidade e que o produto da massa pela velocidade é chamado de momento linear. A combinação dessas duas relações é dada por: $p = h\nu = E/c$. (ATKINS, 2006). Os estudiosos do século XX tiveram que repensar seu modo de avaliar suas relações a respeito da matéria e de sua dualidade onda partícula. Um dos pioneiros a formular uma explicação válida foi o austríaco Erwin Schrodinger em 1927. Ele substituiu a noção de trajetória pontual e precisa dos objetos por uma função de onda, ou seja, uma partícula poderia ser encontrada em qualquer lugar do espaço. (ATKINS, 2006).

4.2 Formação de linhas espectrais:

As linhas espectrais são obtidas toda vez que há absorção de energia em um átomo. Como já vimos anteriormente o modelo de Rutherford não era realista devido ao fato de que se o átomo possuísse a conformação adotada por ele, então o átomo iria colapsar, no formato de uma espiral. (HETEM, PEREIRA, 2010).

Para tanto, o físico dinamarquês Niels Henrik David Bohr (1885-1962), em 1913, propôs uma mudança no então modelo apresentado anteriormente, aplicando neste, noções de quantização. Anteriormente, os elétrons orbitavam o núcleo a qualquer distância. Mas no modelo apresentado por Bohr, os elétrons ocupariam orbitais bem definidos em torno do núcleo, considerando que o átomo de hidrogênio era constituído somente de um próton e de um elétron. (HETEM, PEREIRA, 2010). “Bohr propôs que somente certas órbitas discretas seriam permitidas e que em tais órbitas o elétron não emitiria radiação. Essas órbitas são definidas por: $m_e v r = n h / 2 \pi$, com $n=1, 2$ ” (HETEM, PEREIRA, 2010, p. 55.). Sendo m a massa do elétron, r o raio do movimento circular e v a velocidade em torno do núcleo.

A partir de mais uma série de cálculos deduziu-se que o elétron só pode existir em uma série de níveis discretos. “Quando um elétron sofre uma transição, ou seja, uma mudança de estado, ele muda de um nível de energia mais alto para outro mais baixo, e a diferença de energia $\Delta E = E_{\text{superior}} - E_{\text{inferior}}$ é emitida como um fóton.” (ATKINS, 2006, p.129.). Sabendo disso Bohr relacionou a Lei de Planck com a diferença energética entre os níveis e obteve: $h \cdot \nu = E_{\text{superior}} - E_{\text{inferior}}$. Esta relação é conhecida como frequência de Bohr. Assim, cada transição específica nos dá uma linha espectral. Analisando-se um espectro é possível montar um diagrama de níveis de energia para o átomo. (ATKINS, 2006). Abaixo são mostradas algumas das linhas espectrais de acordo com seus níveis para o átomo de Hidrogênio, segundo Hetem e Pereira (2010):

- $n = 1$: série de Lyman, denominadas L_{α} , L_{β} , L_{γ} ,... (linhas do ultravioleta);
- $n = 2$: série de Balmer, denominadas H_{α} , H_{β} ,... (linhas do espectro visível);
- $n = 3$: série de Paschen, denominadas P_{α} , P_{β} ,... (linhas do infravermelho).

Para átomos com mais de um elétron deve-se levar em consideração o princípio da Exclusão de Pauli, no qual diz que um orbital não pode ser ocupado por mais de dois elétrons e

seus elétrons devem ser emparelhados neste, e ainda, dois elétrons não podem possuir um conjunto de quatro números quânticos em um mesmo átomo. (ATKINS, 2006).

Porém sabe-se que o Sol emite radiação num espectro contínuo e anteriormente vimos que os elétrons apenas em linhas espectrais. Como explicar isso? Quando átomos interagem com outros, as linhas espectrais sofrem alargamento, pois os átomos possuem velocidades distintas e os comprimentos de onda se deslocam pelo efeito Doppler. Quando um agregado de átomos interage fortemente com outros de um sólido, líquido, ou gás opaco, as linhas espectrais são alargadas e produzem um espectro contínuo. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004).

Assim como o Sol, as estrelas são aglomerados de gás a temperaturas bastante elevadas os quais emitem sua radiação para o espaço. Há duas características das estrelas que são de grande relevância: a sua cor e o seu brilho. A cor de uma estrela é determinada pela temperatura em que se encontra a sua superfície e sua composição química, enquanto que o seu brilho é determinado pela temperatura e pelo tamanho de sua superfície. (CAPELATO, 2003). “A relação entre luminosidade, temperatura e tamanho de uma estrela é dada pela lei de Stefan-Boltzmann, da qual se infere que a luminosidade da estrela é diretamente proporcional ao quadrado de seu raio e a quarta potência de sua temperatura: $L=4\pi R^2\sigma T_{ef}^4$.” (OLIVEIRA, SARAIVA, 2004, p.226).

Além disso, quando nos referimos à radiação das estrelas cuja emissão segue a Lei de Planck conforme a radiação de corpo-negro, podemos realizar aproximações que nos levam à lei de Wien que define o deslocamento do comprimento de onda correspondente ao máximo de radiação, em função da temperatura efetiva da estrela, conhecida como temperatura de cor. Essa distribuição revela que estrelas mais quentes possuem menor comprimento de onda, sendo assim, mais azuis, enquanto que estrelas mais frias têm maior comprimento de onda e, portanto devem ser mais vermelhas. (HETEM, PEREIRA, 2010).

Para a obtenção de um espectro estelar ela, deve-se decompor a luz através de um espectrógrafo, da mesma forma que se dispersa a luz branca em diversos comprimentos de onda ao ser passada por um prisma, e essa luz dispersada é registrada, de forma eletrônica ou por meio de fotografia. Comparando-se as posições das linhas de um espectro de laboratório com as de uma estrela observada, “podemos reconhecer seus comprimentos de onda e quais elementos propiciaram a formação das linhas”. (HETEM, PEREIRA, 2010). Portanto, espectros distintos, referem-se a estrelas com condições físicas diferentes e em todos os espectros aparecem linhas de absorção (escuras) sobrepostas a um espectro contínuo.

4.3 Classificação dos espectros

No início do século XX, desenvolveu-se no observatório de Harvard, nos EUA, a classificação espectral utilizada nos dias de hoje. A classificação dos espectros foi feita, inicialmente, por Williamina Fleming (1857-1911) e principalmente por Annie Jump Cannon (1863-1941). Num período de aproximadamente sete anos, ela classificou 225 000 estrelas até magnitude 9. “Annie Cannon notou que as estrelas iam de azuis-esbranquiçadas a avermelhadas e classificou seus espectros de acordo com as linhas de hidrogênio, sendo A a classe com linhas mais fortes, B a seguinte, C e assim por diante.” (OLIVEIRA; SARAIVA, 2004, p.223).

“Com o melhor entendimento dos subníveis da estrutura atômica, que foi possível por volta de 1920, um novo esquema foi adotado para a classificação espectral, que estabelecia uma sequência mais significativa em função da temperatura da estrela”. (HETEM, PEREIRA, 2010, p.115.). Portanto, algumas letras foram retiradas resultando na sequência: O, B, A, F, G, K, M que ficou conhecida como Sequência de Harvard devido ao lugar que lhe deu origem. Cada classe ainda é subdividida em 10 classes em ordem decrescente de temperatura. (HETEM, PEREIRA, 2010).

Segundo Oliveira e Saraiva (2014, p. 223-224), “as estrelas são classificadas em ordem decrescente de temperatura” de acordo como se segue abaixo:

- O - estrelas azuis, com $T_{\text{ef}} \sim 20\,000$ a $40\,000$ K, apresentam linhas de HeII (hélio uma vez ionizado), e ultravioleta forte, e linhas do HI fracas. Exemplo: Mintaka;
- B - estrelas branco-azuladas, com $T_{\text{ef}} \sim 15\,000$ K, com linhas de HeI e as linhas do HI visíveis. Exemplos: Rigel e Spica;
- A - estrelas brancas, com $T_{\text{ef}} \sim 9\,000$ K, com linhas de HI muito fortes. Exemplos: Sírius e Vega;
- F - estrelas branco-amareladas, com $T_{\text{ef}} \sim 7\,000$ K, com linhas de metais. As linhas do HI ficam mais fracas, mas ainda são bem visíveis. As linhas do CaII ficam fortes. Exemplos: Canopus e Procyon;
- G - estrelas amarelas, com $T_{\text{ef}} \sim 5\,500$ K, como o Sol, com fortes linhas de metais e HI fraco. CaII, H e K dominantes. Exemplos: Sol e Capela;
- K - estrelas alaranjadas, com $T_{\text{ef}} \sim 4\,000$ K, com linhas metálicas dominantes. A banda G é muito forte. Contínuo azul fraco. Exemplos: Aldebarã e Arcturus;
- M - estrelas vermelhas, com $T_{\text{ef}} \sim 3\,000$ K, com bandas moleculares (TiO) muito fortes. A linha dominante é CaI 4226 _A. Exemplos: Betelgeuse e Antares. (OLIVEIRA, SARAIVA, 2004, p. 223-224).

4.4 Diagrama de HR

O dinamarquês Ejnar Hertzsprung (1873)- 1967 em conjunto com o americano Henry Norris Russell (1877-1957) relacionou a luminosidade (brilho) de uma estrela e cor (temperatura superficial e espectro) entre os anos de 1911-13 e criaram o Diagrama Hertzsprung Russell conhecido como diagrama de HR. Uma das primeiras coisas que se observa neste diagrama é que as estrelas não são dispostas por igual nele, mas se concentram em algumas partes. “A maior parte das estrelas estão distribuídas ao longo de uma estreita faixa na diagonal que vai do extremo superior esquerdo (estrelas quentes e muito luminosas), até o extremo inferior direito (estrelas frias e pouco luminosas).” (OLIVEIRA, SARAIVA, 2004, p.234). Essa faixa é designada como sequência principal.

A cor Solar é aproximadamente amarelo-clara e a temperatura na superfície deste gira em torno de 5 800 K. Boa parte das estrelas se assemelha ao Sol em tamanho. Porém outras estrelas são bem distintas em tamanho e cor como, por exemplo, as gigantes vermelhas, com temperatura na superfície em cerca de 3 000 K ou as anãs brancas, cuja cor é branca e possuem tamanho muito pequeno em comparação ao Sol, suas temperaturas superficiais são da ordem de 10000 K. (CAPELATO, 2003).

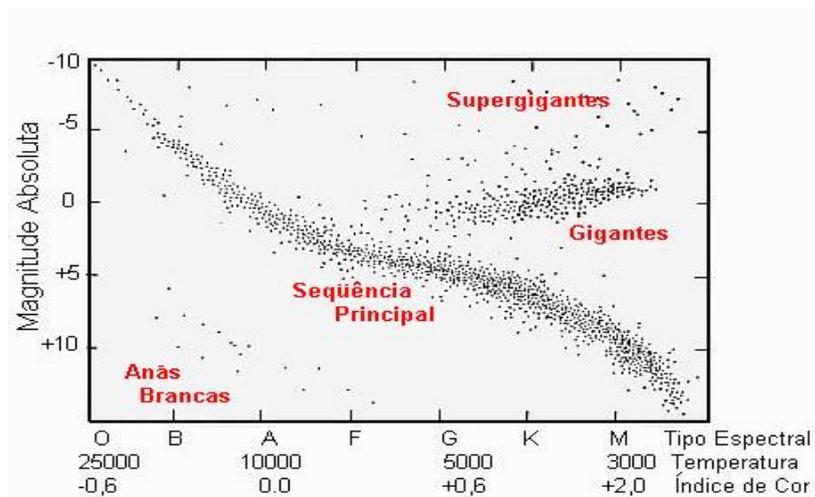


Figura 2. Diagrama H-R para amostra de estrelas. No eixo horizontal, além do tipo espectral, são apresentados temperaturas e índices de cor. Fonte: Ref [10].

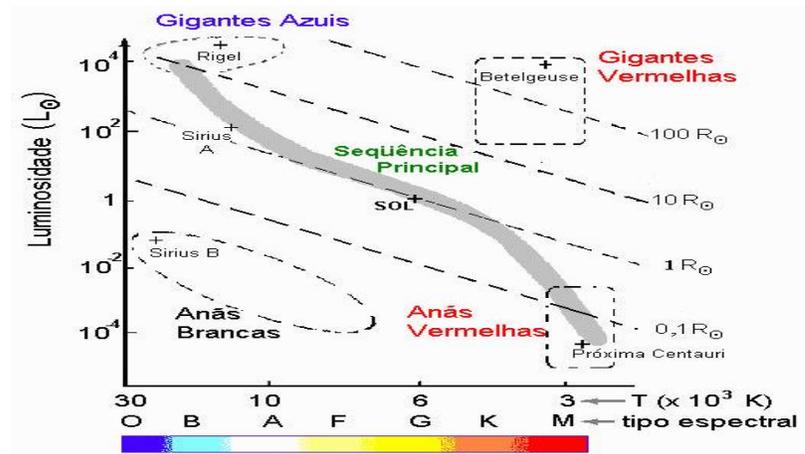


Figura 3. Diagrama H-R para algumas estrelas mais brilhantes do céu ou estrelas mais próximas do Sol. Fonte: Ref [10].

4.5. Sequência principal

O astrônomo inglês Arthur Stanley Eddington (1882-1944) consolidou a iniciação da teoria moderna de estrutura estelar. “Ele deu a ideia corrente de que uma intensa fonte de energia no núcleo da estrela gera a pressão que contrabalança a força para dentro da gravidade, estabilizando a estrela por muitos bilhões de anos.” (OLIVEIRA, SARAIVA, 2004, p.247.) Eddington realizou cálculos em relação às temperaturas contidas no centro de um corpo estelar e concluiu que quanto maior a massa da estrela, maior seria a força da gravidade que ela exercerá sobre si mesma. Ou seja, quanto mais massa uma estrela possuir, maior será a temperatura interna necessária para que ela continue expandida, opondo-se à gravidade. Quanto mais quente for o seu interior, mais energia será produzida e maior será sua luminosidade. A regra de Eddington ficou conhecida como lei da massa-luminosidade. (ASSIMOV, 1989).

Com isso, pode-se se notar que nesta sequência as estrelas de menor massa são mais frias em suas superfícies, são as mais vermelhas e, portanto são as menos luminosas, enquanto que as estrelas massivas são azuis, possuem maior temperatura e são as mais luminosas. (CAPELATO, 2003). Uma porção significativa de estrelas tem massas entre 0,1 vezes a 10 vezes a massa do Sol, mas a maior parte tem massas um pouco menor ou igual a 0,8 da massa solar. Mas existem algumas cujas massas que são 10 milhões de vezes mais brilhantes que o Sol. As estrelas da

sequência principal possuem raios os quais variam de 0,001 até 25 vezes o raio do Sol, no caso das estrelas mais luminosas. (CAPELATO, 2003).

Supondo que todas as estrelas começam suas vidas com uma constituição basicamente de hidrogênio, o principal combustível nuclear, constata-se então, que quanto mais massa tiver uma estrela, maior será seu suprimento de combustível. No entanto, elas não consomem o combustível com a mesma velocidade já que possuem massas diferentes. (ASSIMOV, 1989).

As estrelas de maior massa possuem um tempo de vida menor, pois são mais brilhantes, elas devem consumir seu hidrogênio mais rápido que as estrelas com massa menor. Quando o hidrogênio começa a faltar no interior das estrelas da sequência principal, elas começam a sair da sequência principal. Logo o seu destino será o de se expandirem e se tornarem estrelas gigantes vermelhas. Já as de menor massa raramente saem da sequência. (CAPELATO, 2003).

Acima da sequência principal aparecem as estrelas gigantes vermelhas. Estas estrelas possuem diâmetro muito maior que o Planeta Terra e são dotadas de baixas temperaturas, no entanto são luminosas. Apesar de suas temperaturas superficiais serem pequenas, o seu tamanho é tão significativo que fazem com que elas emitam altíssimas luminosidades em comparação com as do Sol. As gigantes vermelhas são estrelas advindas de estrelas que já consumiram a maior parte das reservas de hidrogênio, elas deixaram a sequência principal e busca de fontes alternativas de energia contraem seus núcleos e assim liberam uma grande quantidade energia gravitacional na forma, em grande parte, de luminosidade. (CAPELATO, 2003).

Já abaixo da sequência principal está a região representada pelas estrelas anãs brancas. Elas possuem mais ou menos o diâmetro da Terra, apesar de sua massa ser da ordem da massa solar. São corpos estelares bastante densos e pequenos e mesmo contendo altas temperaturas superficiais, não emitem muita luminosidade. Nesta etapa a sua luminosidade é unicamente devida ao calor disponível, porém ela se resfria lentamente e são muito difíceis de serem visualizadas devido a sua fraca luminosidade. As anãs-brancas são o último estágio da evolução de muitas estrelas, no entanto, nem todas terminam suas carreiras desta forma. Parte delas transforma-se em estrelas de nêutrons, e outras ainda tornam-se buracos negros. (CAPELATO, 2003).

CAPÍTULO 5

ESTRELAS: UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

No transcorrer deste trabalho foram apresentados aspectos referentes ao mundo tão complexo e diversificado, mas ao mesmo tão intrigante e magnífico das estrelas. Como elas surgiram, de que são compostas, o que explica suas cores e brilhos. Além disso, foram retratados conceitos que valorizaram o processo de ensino e aprendizagem. Isto foi possível por meio de um levantamento bibliográfico na procura de uma integração entre a abordagem científico educacional e fenômenos naturais, na medida em que propõe a utilização do tema para a aproximação da ciência com o conhecimento ensinado no ambiente escolar. O tema em si engloba uma vasta teoria que envolve diversas áreas do saber e pode ser trabalhada por disciplinas como a química, a física, a geografia, a história e a filosofia de acordo com suas especificidades e também de maneira conjunta levando em consideração a interdisciplinaridade.

Neste ponto, conseguimos contextualizar o conhecimento tornando-o mais interessante e mais acessível à realidade do aluno, mostrando a este que a ciência não está tão distante como muitas vezes se pensa e que é possível atingir determinado público adaptando a linguagem a ser utilizada de acordo com as concepções que dele advenham. Uma forma de fazer esta contextualização de forma satisfatória é realizando atividades de experimentação demonstrativo investigativas, despertando a curiosidade dos estudantes e dando-lhes a chance de desenvolver pensamentos e opiniões de maneira individual e coletiva, partindo do levantamento de hipóteses, tentativas, erros e acertos, na busca da construção do conhecimento e formação de cidadãos capazes de associarem o cotidiano com a sala de aula.

A proposta para tais objetivos é a realização, como anteriormente citado, de atividades experimentais pelo professor. E uma destas atividades que irá relacionar, por exemplo, a temperatura com a cor das estrelas, foi apontada por Salvador Nogueira (2009), no segundo capítulo do livro *Coleção explorando o ensino de Astronomia*. Nogueira propõe que uma vela seja acessa em sala de aula e por meio de uma observação macroscópica, os alunos observarão que a parte inferior da chama é mais azulada, pois está mais quente. No meio a cor principal será

amarela e a porção mais fria será avermelhada. O autor lembra também que a energia liberada pela vela advém de uma combustão comum, já no caso das estrelas vem de um processo de fusão nuclear, sendo este muito mais energético. O autor explica que assim como o arco-íris tem suas cores distribuídas pela ordem de energia, apresentando, no espectro do visível, comprimentos de onda menor para a cor violeta cuja energia é maior e comprimento de onda maior para a cor vermelha, sendo esta menos energética, as estrelas também respeitam este princípio. Corpos estelares de menor massa possuem temperaturas mais baixas e são avermelhados e os de maior massa são mais quentes e tendem a cor azul. Entre estes extremos encontram-se as estrelas branco-amareladas, assim como o Sol.

Outra maneira da inserção deste tema em sala de aula é a realização de um roteiro experimental no qual trará um texto inicial como referencial teórico o qual servirá para despertar a curiosidade do aluno, em seguida trará um experimento, o Teste de Chamas, seguido de suas interpretações macroscópica e microscópica, de uma interpretação representacional e finalizando, de uma correlação entre o princípio que rege as cores das estrelas com outros fenômenos relacionados e que podem ser elucidados por este na forma de complementar com visão CTS na composição da explicação.

Um Roteiro Experimental foi elaborado com o intuito de ser trabalhado por professores e alunos, em conjunto, para auxiliar no ensino de Ciências. Todo o roteiro possui uma linguagem simples e acessível, o experimento em si é de fácil realização e entendimento, bem como sua explicação.

5.1 ROTEIRO EXPERIMENTAL

5.1.1 Saiba mais!!!

As estrelas e as constelações

Desde a antiguidade, a humanidade desperta um sentimento de curiosidade a respeito do firmamento repleto dos mais variados tipos de estrelas. A falta de informação científica, para explicar os fenômenos vistos, dava espaço para uma infinidade de interpretações pautadas com grande respeito e admiração, mas dotadas também de espanto e misticismo.

Civilizações de diferentes continentes atribuíam a um mesmo conjunto de estrelas, que na maioria das vezes, segundo a imaginação das pessoas, formavam incríveis desenhos observados no céu, significados e nomações distintas, que por algumas vezes se coincidiam, ainda que estes povos estivessem em polos opostos do planeta. Todavia, no início, localizar as constelações e suas formas, era algo complexo, criando-se em torno deste tema alguns mitos e histórias.

Ao longo dos tempos, os povos antigos começaram a associar os corpos celestes à meteorologia, aos seus calendários, a períodos de colheita de seus grãos, à pesca e à caça, dando as constelações um valor mais funcional. Utilizaram um conjunto de treze constelações: Peixes, Áries, Touro, Gêmeos, Câncer, Leão, Virgem, Libra, Escorpião, Ofiúco, Sagitário, Capricórnio e Aquário denominado de Zodíaco, para demarcar a trajetória do Sol durante o ano. A posição do Sol, durante o período de um ano, facilitava, neste conjunto constelar, a previsão de condições temporais e climáticas, além de adivinhações ocultas que ligavam o plano material ao sobrenatural. Nos dias atuais, as constelações não são tão utilizadas para fins práticos com tanta veemência, no entanto, ainda são utilizadas para estudos relacionados à Astronomia como o direcionamento de equipamentos de navegação espacial e a identificação de astros no céu e suas propriedades. A maioria das 88 constelações constantes para a União Astronômica Internacional foi identificada inicialmente pela civilização grega, na qual teve grande contribuição com suas histórias mitológicas. Tomando como base o catálogo de estrelas do astrônomo grego Hiparco

(século II a.C.), Cláudio Ptolomeu (127-145 d.C.) organizou as estrelas em 48 constelações e as registrou em versões de seu livro *Almagesto*. Por volta dos séculos XVI e XVII d.C., vários estudiosos astronômicos adicionaram novas constelações às de Ptolomeu, com grande contribuição de descobertas europeias realizadas no Hemisfério Sul como os astrônomos Johannes Hevelius e Louis de Lacaille.

Anteriormente aos anos 30, as constelações eram compostas por agrupamentos de estrelas na Esfera Celeste cuja forma representa uma grande esfera que circunda o planeta, na qual olhando para o céu e adotando como referencial a Terra, pode-se ver uma abóbada acomodada de estrelas. Estas estrelas formavam desenhos imaginários como seres mitológicos e animais. No entanto, com o avanço científico este conceito de constelação se tornou obsoleto. Já em 1930, Eugène J. Delporte propôs uma nova definição a qual foi incorporada pela IAU (International Astronomical Union - União Astronômica Internacional) e reina até os dias de hoje. Constelação então é a divisão geometria da esfera celeste em 88 partes. Sendo assim, além das estrelas, outros objetos pertencentes à determinada região da constelação também farão parte dela mesmo que eles não possuam nenhuma propriedade física dos demais astros que a formam. Quando observamos uma constelação a impressão que se tem é que todas as estrelas e os demais corpos celestes possuem a mesma distância em relação a Terra e que estão uns próximos aos outros. No entanto, possuem distâncias diferentes.

Das 88 constelações ocidentais, algumas são mais fáceis de identificar devido às cores e maior brilho aparente de suas estrelas. Como exemplo, tem-se a constelação de Órion. Esta é uma das mais belas do céu noturno e faz menção a figura mitológica de um caçador ou de um guerreiro gigante em companhia de seus dois animais representados pelas constelações Cão Maior e Cão Menor.

Reza a lenda grega que Órion foi picado por um escorpião e não resistiu ao seu veneno mortal. Tanto Órion como o Escorpião tornaram-se constelações e encontram-se dispostos no céu em direções opostas. Para identificar Órion basta o observador encontrar no céu um conjunto de três estrelas enfileiradas a pouca distância umas das outras e de brilho parecido. Para estas estrelas deram os nomes de Alnilam, Alnitak e Mintaka, apesar de seus nomes incomuns, elas nada mais são que as famosas Três Marias. Este trio de corpos celestes representa o cinturão de Órion.

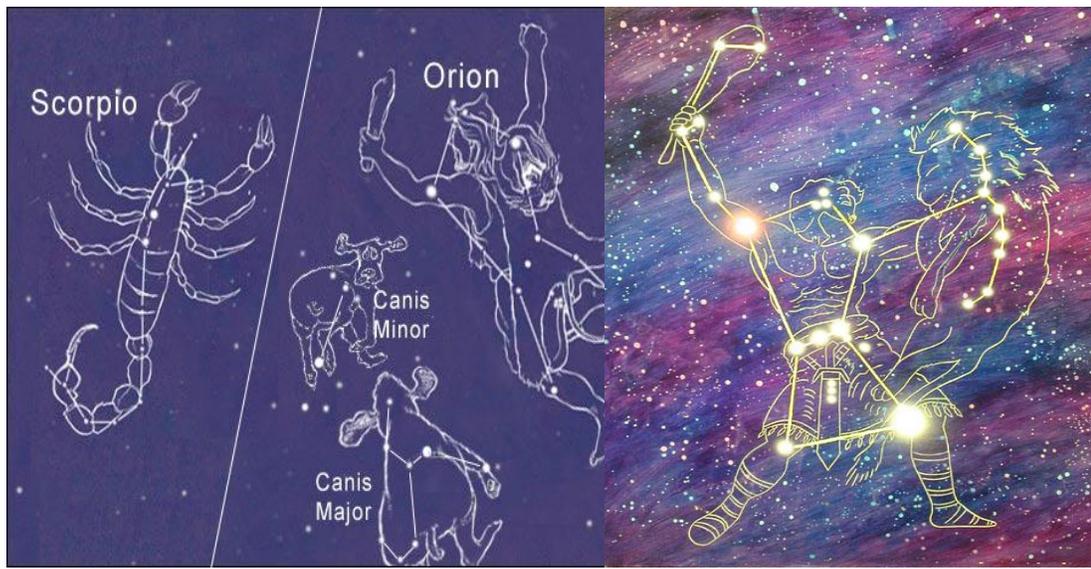


Figura 1: À esquerda: Constelação de Escorpião e constelações de Órion, Cão Maior e Cão Menor; à direita: Constelação de Órion mais elaborada.

Constelações da Bandeira do Brasil

Na bandeira do Brasil há a representação parcial ou total das principais estrelas de algumas constelações. As 27 estrelas, nela contidas, representam os estados e o DF (Distrito Federal), sendo uma para o DF e as demais para os estados. A disposição das estrelas neste símbolo nacional referencia-se ao céu da cidade do Rio de Janeiro às 08h30min, no dia 15 de novembro de 1889, histórico acontecimento da Proclamação da República. Apesar do período diurno e a impossibilidade de visualização a olho nu das constelações, por meio de instrumentos astronômicos específicos, os cientistas sabiam da presença destes conjuntos de estrelas presentes no céu. Mas caso seja feita uma observação mais criteriosa, observa-se que as posições das estrelas estão representadas de maneira invertida das originais, pois segundo a Lei nº 5.700 de 1º de Setembro de 1971, as estrelas inseridas na bandeira deveriam ser dispostas como se fossem vistas de fora da esfera celeste, ou seja, como se fossem vistas do espaço e não da terra. Além disso, as estrelas não são representadas fielmente a sua grandeza, pois o céu representado na bandeira deveria ser aquele idealizado em nossa mente e não fidedigno do real. Veja abaixo uma figura onde estão representadas as estrelas e seus respectivos estados e o DF:



Figura 2: Bandeira do Brasil com os estados e o Distrito Federal e as respectivas estrelas membros de algumas Constelações.

As estrelas mostradas na figura acima são pertencentes às constelações seguintes:

- Cruzeiro do Sul (Cru)- É uma constelação não muito grande, porém pode ser reconhecida devido ao brilho considerável de suas estrelas. Possui grande fama no Hemisfério Sul por seu formado de cruz;
 - Escorpião (Sco)- Esta constelação esta posicionada a esquerda do Cruzeiro do Sul, indicada na direção leste e pode ser notoriamente avistada. Em sua formação encontra-se a gigante vermelha Antares com tamanho bem superior ao Sol. É representada por um escorpião;
 - Cão Maior (CMa) - faz parte desta constelação a estrela de maior brilho vista no céu: Sírius. O tamanho e brilho deste astro são muito próximos ao solar. O formato deste grupo de estrelas é o de um cão;
 - Cão Menor (Cmi)- a estrela Procyon é a única de interesse na constelação. Ela nasceu no Hemisfério Norte primeiramente que a estrela Sírius e está a aproximadamente a mesma distância do planeta Terra. Representada por um cão pouco menor que o da Constelação acima;

- Triângulo Austral (TrA)- Esta constelação é também conhecida como O Triângulo do Sul e seu formato triangular são de fácil identificação. Encontra-se perto das constelações de Centauro e do Cruzeiro do Sul;
- Virgem (Vir)- É rodeada de histórias e mitos, sendo ela a maior constelação do Zodíaco e a segunda maior constelação em termos gerais. Sua estrela mais brilhante é a Alpha Virginis que possui aproximadamente duas vezes o tamanho do Sol. A constelação de Virgem é identificada por meio de sua estrela principal;
- Hidra (Hya)- Apesar de ser a constelação de maior tamanho e extensão na abobada celeste, sua observação é prejudicada por possuir estrelas, em sua maioria, pouco luminosas. No céu é vista como uma cobra d'água possuidora de uma só cabeça, sendo a cabeça deste animal mais evidenciada por causa das seis estrelas de brilho moderado que as forma;
- Octante (Oct)- Esta constelação é difícil de ser identificada a olho nu porque suas estrelas apresentam pouquíssimo brilho aparente. Para identificá-la utiliza-se a constelação do Cruzeiro do Sul. Sua representação é um instrumento náutico chamado Octane. Na bandeira, ela representa o Distrito Federal com a estrela sigma Octantis. Embora esta estrela seja pouco brilhante, ela está mais próxima do polo Sul celeste, tendo as estrelas das outras constelações girando ao seu redor, aludindo então que o Distrito Federal é o centro (capital) e os estados brasileiros transitam ao seu redor.

Podemos perceber que o mundo das estrelas é vasto de curiosidades. Suas cores e intensidades diferentes estão intimamente ligadas à quantidade de radiação que poderá ser detectada por nossos olhos, a olho nu, ou por equipamentos astronômicos, com o objetivo de reconhecer o posicionamento das estrelas no céu e suas composições. Pensando nisso, qual a relação entre as cores e brilhos emitidos pelas estrelas com elementos químicos que as compõem?

5.1.2 Atividade Experimental

Relação entre as estrelas e o Teste de Chamas

➤ Introdução

Acredita-se que tudo começou quando a matéria dispersa no espaço, contendo em sua maioria Hélio e Hidrogênio, proveniente da grande explosão, Teoria do Big Bang, se juntou para dar origem às primeiras estrelas. Ao passo que estes elementos vão se unindo, ocorre um aumento considerável de massa, gerando elevação da pressão e conseqüentemente um aumento da temperatura interna do aglomerado formado. Esta temperatura ao longo do processo vai aumentando até que alcance valor suficiente para alavancar a fusão nuclear no interior do corpo, dando início assim, a uma estrela. O processo de fusão ocorre com a união de dois núcleos atômicos para dar origem a outro mais pesado. A partir dessa junção há liberação de certa quantidade de energia na forma de calor e radiação eletromagnética. À medida que a fusão vai ocorrendo, novos elementos químicos vão sendo formados.

Cabe salientar, que o processo evolutivo das estrelas depende intimamente de suas massas. Ou seja, em estrelas de menor massa, a fusão desencadeia o surgimento de Hélio, Carbono e Oxigênio. Posteriormente o aumento da pressão interior vence a contração ocasionada pela força gravitacional e a estrela se expande, havendo um resfriamento do astro e cessamento do processo. Entretanto, em estrelas mais pesadas, o processo de fusão permanece acontecendo e leva a formação de Neônio, Magnésio e Ferro. Neste caso, prosseguirá um aumento de temperatura até que haja uma explosão, originando uma nova estrela. Seguindo a evolução, a estrela inicial poderá se tornar uma estrela de nêutron ou até mesmo um buraco negro.

No estudo das estrelas, umas das propriedades a serem analisadas são: a temperatura e a composição. Estes dois fatores nos dizem muito a respeito delas e de suas colorações. Como os cientistas fazem para descobrir os elementos presentes nestas, estando elas tão distantes da Terra? Para tanto, utilizam-se telescópios captadores de radiação em forma de luz emitida pelas estrelas,

por meio de um aparelho que é capaz de dispersar a luz. Esta luz é então registrada por fotografia ou eletronicamente. Este registro obtido é um espectro contínuo formado por todas as cores do arco-íris e interrompido por linhas escuras de absorção do átomo do elemento químico presente na estrela. Ele será então, comparado com um espectro de emissão advindo da literatura (obtido anteriormente no laboratório) deste mesmo átomo do elemento. Caso as linhas do espectro de emissão da literatura se sobreponham exatamente as linhas de absorção do da estrela, sabemos exatamente que a composição do astro corresponde a aquele átomo.

Como vimos, para obtermos um espectro é necessário o uso de um espectroscópio. Em 1859, o físico alemão Gustav Kirchhoff (1824-1887) em conjunto com o químico alemão Robert Bunsen (1811-1899) deram origem a este instrumento. Somando-se as ideias de Kirchhoff que sugeriam que certa quantidade de energia com cor própria era emitida ao se queimar átomos de um elemento puro; e a invenção de Bunsen, um aparato composto de um queimador de gás metano com controle de entrada de ar, o qual a cor da chama não prejudicaria o estudo em questão.

Se juntarmos os conhecimentos destes dois cientistas temos o famoso Teste de Chamas que consiste num procedimento eficiente na determinação de cátions metálicos presentes em substâncias colocadas em contato com uma chama. Cada cor emitida identifica um metal específico, ou seja, os átomos de um elemento produz um espectro característico que funciona como uma espécie de impressão digital. Sabendo disto, como podemos explicar as cores das estrelas através de sua radiação e de seus espectros?

➤ **Materiais**

- esponja de aço;
- fio de cobre;
- fósforo;
- lamparina a álcool;
- sais de cloreto de sódio, cloreto de cálcio, sulfato de cobre;
- pinça de madeira e

- vidros de relógio

➤ Procedimentos

1. Limpe o fio de cobre com a esponja de aço, para que esteja livre de óxidos, em seguida lave-o em água corrente e seque-o com papel.
2. Coloque um pouco dos sais separadamente em cada vidro relógio. (o mínimo possível).
3. Acenda a lamparina, encoste a ponta do fio em um dos sais e com o auxílio da pinça de madeira segure a outra extremidade.
4. Coloque a extremidade que contém o sal em contato com a chama. Observe e anote.
5. Repita o procedimento para os demais sais.

Equipamentos de proteção individual: Recomenda-se o uso de jaleco de mangas longas e óculos de segurança. Obs: Mantenha os cabelos presos.

Resíduos: os sais que não foram usados na prática podem ser guardados em recipientes devidamente rotulados e utilizados em futuros experimentos. A esponja de aço pode ser descartada no lixo.

➤ Observação Macroscópica

Inicialmente, pode-se observar que os cristais dos cloretos de cálcio e sódio são brancos e o do sulfato de cobre azul. E que ao se ascender a lamparina a chama desta apresenta cor azulada. Colocando os sais em contato com a chama, separadamente, observa-se que cada um forma uma nova chama com coloração própria. A chama contendo cátions metálicos de cobre apresenta coloração verde, a contendo espécies de sódio apresenta coloração amarela e a contendo íons de cálcio mostra-se vermelho alaranjado.

➤ **Interpretação Microscópica**

Ao submeter os íons metálicos ao aquecimento proveniente da energia liberada pelo calor da chama, há fornecimento de energia para que os elétrons de valência de cada metal absorvam energia e sejam excitados de um nível de mais baixa energia para um nível de energia mais elevada. Ao retornarem ao estado fundamental, eles emitem radiação eletromagnética na forma de luz. Portanto, para cada espécie dos diferentes metais apresentados, ocorre absorção de certa quantidade de energia, correspondente exatamente à diferença entre um nível de energia e outro. Esta quantidade absorvida é própria para cada um e assim, ao retornarem ao nível de mais baixa energia emitem um espectro de luz característico.

Estas transições eletrônicas podem ser representadas através do modelo Rutherford-Bohr, no qual diz que há quantização de energia entre os níveis e que os elétrons estão em órbitas estacionárias ao redor do núcleo.

A cor emitida pelos átomos de um sal não tem relação com a cor que este se encontrava em seu estado sólido. Por exemplo, o sal de cobre em seu estado sólido é azul, porém a chama observada para este sal é verde. A cor azul está mais ligada ao seu grau de hidratação e sua conformação no arranjo cristalino. Logo, a cor obtida em cada chama se dá pela quantidade de energia absorvida específica de cada átomo de determinado elemento químico e sua emissão de radiação numa dada frequência e comprimentos de onda próprios.

➤ Expressão Representacional

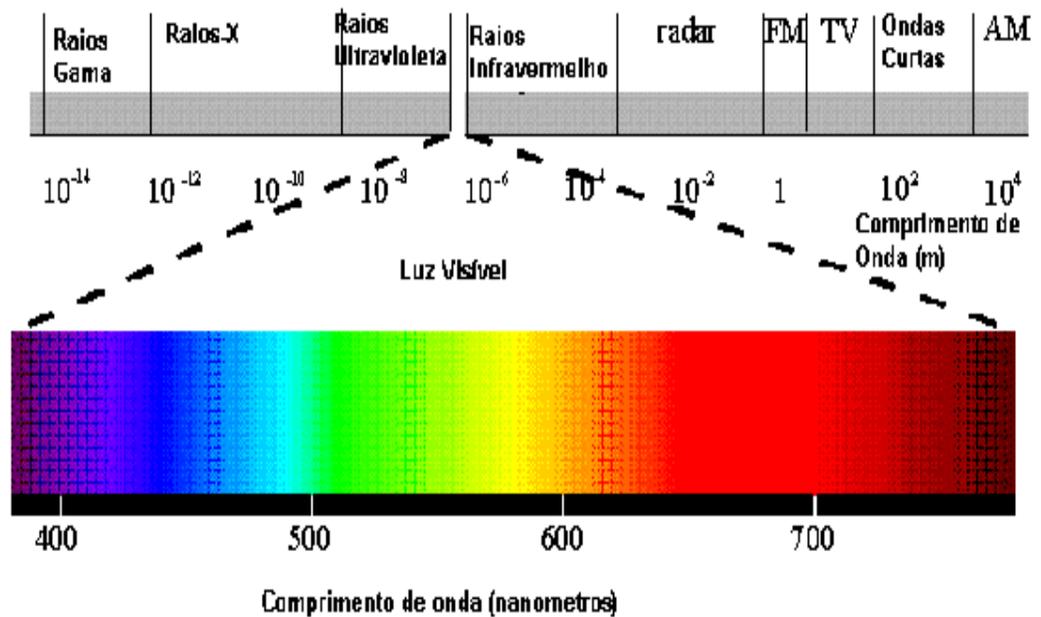


Figura 1: Regiões espectrais

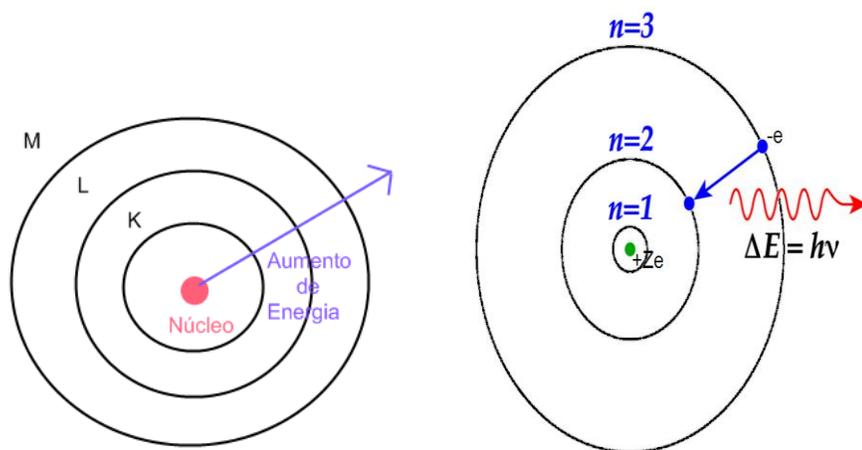


Figura 2: A representação à direita mostra o Modelo de Rutherford- Bohr e a da direita transição eletrônica e emissão de energia na forma de luz.

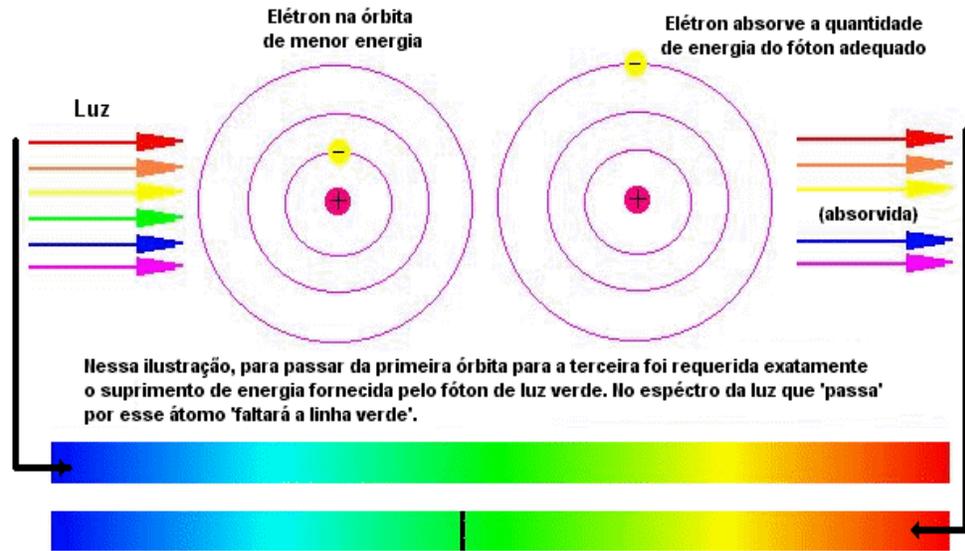


Figura 3: Exemplo da representação de absorção e emissão de radiação eletromagnética e seu respectivo espectro

Tabela 1: Sais e as cores características de seus cátions aquecidos

Tabela 1. Elementos com suas cores características.

Amostras	Coloração
Cloreto de Sódio (NaCl)	Amarela
Cloreto de Bário (BaCl ₂)	Verde
Cloreto de Estrôncio (SrCl ₂)	Vermelho escuro
Cloreto de Cálcio (CaCl ₂)	Vermelho claro
Cloreto de Potássio (KCl)	Violeta
Cloreto de Mercúrio (HgCl ₂)	Azul claro
Cloreto de Cobalto (CoCl ₂)	Marrom claro
Aparas de magnésio	Branco
Sulfato de Cobre II (CuSO ₄)	Azul
Vela de aniversário 1	Pink
Vela de aniversário 2	Verde
Vela de aniversário 3	Azul, vermelho e Pink.

➤ **Visão CTS**

O conhecimento utilizado para explicar o Teste de Chamas também se aplica ao entendimento das cores nos fogos de artifício e nas lâmpadas encontradas na iluminação pública. Este tema pode ser objeto de estudo para se discutir os problemas causados pelo uso indevido dos fogos de artifício e os prejuízos que eles podem causar, bem como o esplendor de suas variadas cores observado em dias comemorativos. Pode-se também discutir-se a respeito da importância da iluminação pública em nosso País, se ela se encontra em acordo ou desacordo com as necessidades da população ou se é preciso rever as políticas públicas para melhor atender a demanda das cidades. Tomando a astronomia como assunto a ser discutido, pode-se discorrer a respeito das várias tecnologias desenvolvidas e enviadas para o estudo do espaço e as várias descobertas já realizadas por muitas Nações em busca de conhecimento.

Em relação às estrelas e aos outros astros em geral observa-se o contínuo envolvimento destes com o lado místico e a busca de adivinhações futuras e interpretações do presente advindas do campo da Astrologia. Isto se relaciona diretamente com a cultura de algumas sociedades, além de ter um papel influenciador no psicológico e no padrão comportamental de alguns indivíduos.

➤ **Referências**

BRASIL. A análise química das estrelas. Ciência Viva: Astronomia no Verão. Ministério da Ciência e da Tecnologia. Disponível em: http://www.cienciaviva.pt/veraocv/astro2002/materiais/analise_estrelas.pdf. Acessado em 21/11/2014.

CLÁVIA. A.F. Conhecendo as constelações. Observatório astronômico Frei Rosário. Minas Gerais: UFMG. Maio de 2010. Disponível em: <http://www.observatorio.ufmg.br/dicas13.htm>. Acessado em 20/11/2014.

PEREIRA, M.R.S. Associação de Centros e Museus de Ciência. Disponível em: <http://www.abcmc.org.br/publique1/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infolid=682&sid=12> Acessado em 21/11/2014.

ROSA, E. A composição química das estrelas. Gente que educa. Nova Escola. Disponível em: <http://www.gentequeeduca.org.br/planos-de-aula/composicao-quimica-das-estrelas>. (Acessado em 21/11/2014).

SASAKI, K.S. Espectroscopia: O Universo em cores. Auditório do Observatório do CDCC (CDA). São Paulo: USP. 4 de Fevereiro de 2012. Disponível em: <http://www.cdcc.usp.br/cda/sessao-astronomia/index-sa-2012.html>. Acessado em 21/11/2014).

Sugestão de sites relacionados

<http://www.quimica.seed.pr.gov.br/>

<http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=731>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi realizado com o intuito de abordar novos assuntos e novos temas a serem trabalhados de maneira conjunta entre professores e alunos, na busca de um estudo contextualizado e interdisciplinar, visando um aprendizado mais consistente por parte dos alunos. O tema Estrelas é bem abrangente e com ele é capaz de se relacionar muitas fontes de conhecimento que enriqueçam o aprendizado dos estudantes.

Podemos perceber que o universo das estrelas é amplo em conhecimento e curiosidades. Suas cores e intensidades distintas estão relacionadas à quantidade de radiação que poderá ser detectada por nossos olhos, a olho nu, ou por equipamentos astronômicos, com o objetivo de reconhecer o posicionamento das estrelas no céu e suas composições. Sendo assim, percebe-se que este tema pode ser englobado no estudo da Química no que tange ao Modelo Atômico de Rutherford- Bohr, às transições eletrônicas em níveis de energia distintos, à absorção e à emissão de energia.

Com o auxílio do Roteiro Experimental é possível por meio, inicialmente, do texto Estrelas e Constelações despertar o interesse dos alunos criando uma discussão a respeito do significado e da funcionalidade que as estrelas e constelações possuíam para civilizações antigas como mesopotâmicos, egípcios e gregos. Pode-se também, discorrer a cerca de assuntos históricos ao passo que relaciona a produção da bandeira do Brasil com o dia da Proclamação da República. Cabe falar de aspectos ligados à Geografia, relacionando assuntos que abordam territórios e geopolítica, pois as estrelas encontradas na Bandeira Nacional pertencem às várias constelações e remetem-se aos Estados e ao Distrito Federal. Após este texto, encontra-se uma breve introdução à Atividade Experimental, abordando um pouco da formação das estrelas e como os cientistas fazem para saberem a composição destas. Posteriormente vem a parte experimental referente ao Teste de Chamas, sua observação macroscópica, interpretação microscópica, expressão representacional e sugestões de como este assunto pode ser enquadrado num Ensino CTS. Sugere-se ainda, que esta atividade seja realizada de maneira investigativa para um maior desenvolvimento por parte dos alunos.

Por conseguinte, espera-se com este trabalho como anteriormente citado, que o conteúdo aprendido no ambiente escolar seja relacionado ao cotidiano do aluno e que com a prática de

atividades experimentais, os alunos consigam desenvolver pensamento crítico individualmente e coletivamente, por meio da formulação de hipóteses, que o professor consiga transformar a linguagem comum do aluno, adquirida por meio de experiências anteriores, em linguagem científica buscando uma formação cidadã e atenta aos acontecimentos científicos, tecnológicos e sociais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASIMOV, I. *O Colapso do Universo*. 5ª ed. Tradução de Donaldson M. Garschagen. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.

ATKINS, P. W, *Físico-Química*, 6ª ed., LTC, Rio de Janeiro, 1997.

ATKINS, P.W; JONES, Loretta. *Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. p.965.

ALVES, N.P. Formação dos Elementos químicos no Universo. *QUIMLAB- Soluções em Química*. Disponível em: <http://www.quimlab.com.br/guiadoselemento>. Acessado em 02/10/2014.

BAZZO, W.A; MATOS, E.A.S. A de PINHEIRO, N.A.M. Refletindo a cerca da Ciência, Tecnologia e Sociedade: Enfocando o Ensino Médio. *Revista Iberoamericana de Educación*. nº 44: 2007, p 147-165.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Brasileira. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*. Brasília: MEC/SEB. 2006. 135 p. Vol.2.

BRASIL, Presidência da República, Casa Civil. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília: 1988. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acessado em 19/09/2014.

BBC, Brasil. *Pirâmides do Egito se alinhavam com as estrelas*. 2000. Disponível em: www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/001116_piramide.shtml acessado em 02/10/2014.

BECK, V.C. *A matemática no Egito Antigo*. Porto Alegre: Campos do Vale Disponível em: www.pucrs.br/edipucrs/erematsul/.../38VINICIUSCARVALHOBECK.pdf. Acessado em 02/10/2014.

[10] CAPELATO, V.H. Estrelas. *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*. Ministério da Ciência e Tecnologia: 2003.

CIÊNCIA VIVA. A Análise química das estrelas. *Astronomia no Verão*. Museu de Ciência da Universidade de Lisboa, 2001.

CORRÊA, I. C. S. Corrêa. *Historia da Astronomia*. Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe. Rio Grande do Sul. Disponível em: http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/arquivos/File/Astronomia/Historia_da_Astronomia.pdf. Acessado em 02/10/2014.

COSTA, Ricardo da. Olhando para as estrelas, a fronteira imaginária final- Astronomia e Astrologia na Idade Média e a visão medieval do Cosmo. In: *Dimensões- Revista de História da UFES 14*. Dossiê Territórios, espaços e fronteiras. Vitória: EDUFES, 2002. p. 481-501. (ISSN 1517-2120).

[14] DE OLIVEIRA LEITE, Diego; PRADO, Rogério Junqueira. Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 34, n. 2, p. 2504, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172012000400009&script=sci_arttext. Acessado em 2/10/2014.

DREYER, J.L.E. *A History of Astronomy from Tales to Kepler*, 2^a ed. New York: Drovers, 1953.

FRANCIOTTI, M. A. Copérnico e a Tradição Aristotélica. *A Notícia*. Santa Catarina: 1991.

GIORDAN, M. O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. *Química Nova da Escola*, n.10, p.43-49, nov. 1999.

GUIMARÃES. C.C. (1999). Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, 1999. P.198-202

HETEM, G; PEREIRA, J. *Fundamentos de Astronomia*. São Paulo: IAG/USP - Departamento de Astronomia, 2010. Cap.3. Disponível em: <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/>. Acessado em 02/10/2014.

KIRK, S; RAVEN, J.E; SCHOFIELD, M. The Presocratic Philosophers. *A Critical History with a Selection of Texts*, 2. Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

KODAMA, T.. Propriedade da Matéria Estelar. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. In: *II Escola de Verão sobre cosmologia e Gravitação*, 1976.

LOPES, M.E.O. *A Retrogradação dos Planetas e suas Explicações: Os orbes dos planetas e seus movimentos, da Antiguidade a Copérnico*. 2001. 229 p. Dissertação (Mestre em História da Ciência)- Pontifícia Unidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2001.

Mais mistérios entre o céu e a Terra. *Revista VEJA* Ed. 2192, Nov. 2010. <http://veja.abril.com.br/241110/maismisterios-entre-ceu-terra.shtml>. Acessado em 02/10/2014.

MIGUENS A.P., Navegação, Astronomia e Derrotas. In: *Navegação: A Ciência e a Arte*. Marinha Brasileira, 2006. Vol.2.

MORTIMER, E. F.; SANTOS, W. P. A dimensão social do ensino da química: um estudo exploratório da visão de professores. In: *Anais do II Encontro Brasileiro de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Florianópolis: ABRAPEC, 1999, p. 1-9.

MOURÃO, R.R de Freitas. *Dicionário Enciclopédico de Astronomia e Astronáutica*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1987.

NEUGEBAUER, O. *The Exact Sciences in Antiquity*. 2. ed . New York: Dove, 1969.

NOGUEIRA, Salvador. Astronomia- Ensino Fundamental e Médio. In: *Coleção Explorando o Ensino- Fronteira Espacial*-parte 1. Brasília: MEC; SEB; MCT; AEB, 2009. 232P. Vol.11.

OLIVEIRA, K.S.F; SARAIVA, M.F.O. Astronomia e Astrofísica. *Departamento de Astronomia-Instituto de Física*. Rio Grande do Sul: UFRS-Porto Alegre, 2004

PEDERSEN. O. *Early Physics and Astronomy: a Historical Introduction*. Cambridge: Cambridge University, 1993.

PEREIRA, M.R.S. Associação de Centros e Museus de Ciência. Disponível em: <http://www.abcmc.org.br/publique1/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=682&sid=12> Acessado em 02/10/2014.

PINTO, A.V. *O Conceito de Tecnologia* [vol.1]. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005, p.531.

POZO, J.I. (Org.). *A solução de problemas*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ROSITO, B. A. O Ensino de Ciências e a Experimentação. In: MORAES, R. (org.). *Construtivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

SANTOS, W.L.P.; SCHNETZLER, R.P. (1997). *Educação em química: compromisso com a cidadania*. Ijuí: UNIJUÍ.

SANTOS, W.L.P. dos. Contextualização no Ensino de ciências por meio de temas CTS e uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, vol. 1, número especial, novembro de 2007.

DE OLIVEIRA LEITE, Diego; PRADO, Rogério Junqueira. Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 34, n. 2, p. 2504, 2012.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar Sem Medo de Errar. In: SANTOS, W.L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). *Ensino de Química em foco*. Ijuí: Editora Unijuí, 2010, p. 231-261.

ZIEBELL, L.F. Luiz Fernando. O quarto estado da matéria. *Série Textos de apoio ao professor de Física Nº 15*. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2004. 30 p.: il. (Textos de apoio ao professor de física, ISSN 1807- 2763; v. 15).