



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – UEPB  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CCT**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENSINO DE QUÍMICA**



**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e  
Educação Matemática – PPGECM**

**PROPOSTA E ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DOS  
CONCEITOS DE ENTROPIA E ESPONTANEIDADE**

**Luciano Lucena Trajano**

---

Dissertação de Mestrado

**CAMPINA GRANDE / PB  
2016**

**LUCIANO LUCENA TRAJANO**

**Proposta e Análise de Estratégias de Ensino para os Conceitos de Entropia e Espontaneidade**

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, como requisito à obtenção do título de mestre.

**ORIENTADOR:**

Prof. Dr. Francisco Ferreira Dantas Filho

**CAMPINA GRANDE / PB  
2016**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

T758p Trajano, Luciano Lucena.  
Proposta e análise de estratégias para o ensino dos conceitos de entropia e espontaneidade [manuscrito] / Luciano Lucena Trajano. - 2016.  
86 p.

Digitado.  
Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.  
"Orientação: Prof. Dr. Francisco Ferreira Dantas Filho, Departamento de Ciências Exatas e Tecnologia".

1. Conceitos científicos. 2. Entropia. 3. Espontaneidade. 4. Ensino de química. I. Título.

21. ed. CDD 371.12

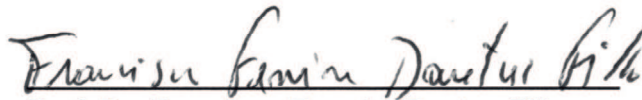
**LUCIANO LUCENA TRAJANO**

**Proposta e Análise de Estratégias de Ensino para os Conceitos de Entropia e Espontaneidade**

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, como requisito à obtenção do título de mestre.

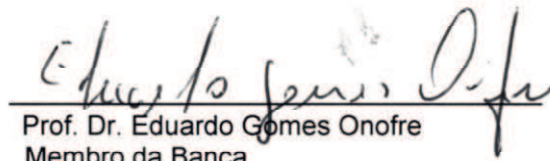
Aprovada em 27/10/2016

**BANCA EXAMINADORA**



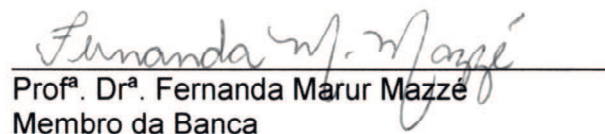
Prof. Dr. Francisco Ferreira Dantas Filho  
Presidente da Banca

**ORIENTADOR**



Prof. Dr. Eduardo Gomes Onofre  
Membro da Banca

**AVALIADOR INTERNO**



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Marur Mazze  
Membro da Banca

**AVALIADOR EXTERNO**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos:

Ao Professor Doutor Francisco Ferreira Dantas Filho, orientador desta dissertação, pelo encorajador acompanhamento, pela sua disponibilidade, pela ajuda prestada na leitura e revisão do texto e nas sugestões apresentadas.

E à minha família pela compreensão e por todo o apoio prestado durante a realização deste trabalho.

A meu Pai José Trajano, minha mãe Maria das Graças Lucena Trajano e a minha Irmã Terezinha Lizier Lucena Trajano.

Aos colegas e Professores do curso do Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática pelos momentos de compartilhamentos de artigos científicos. A todos os colegas e amigos pelo apoio e incentivo constantes durante a trajetória.

A Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, pela oportunidade de realização do mestrado.

E, principalmente a Deus por ter permitido minha presença nessa jornada.

“Deus não nos fez perfeitos e não escolhe os capacitados, capacita os escolhidos.”

ALBERT EINSTEIN

## RESUMO

Um dos aspectos principais para o processo de aprendizagem em química e de outras ciências está relacionado com a construção dos conceitos científicos. Vários pesquisadores e educadores têm direcionado seus esforços na tentativa de identificar as complexas variáveis que envolvem a aprendizagem dos conceitos científicos. Para isso, foi desenvolvida uma sequência didática dividida em três momentos e aplicada a uma turma de 3º ano do ensino médio da Escola Estadual Dionísio da Costa, que é localizada na cidade de Patos-PB. Para a coleta dos dados foram utilizados diários de campo e questionários subsidiaram os resultados e discussão da presente pesquisa. Sendo que a categorização dos dados obtidos na sequência didática será desenvolvida a partir de estrutura analítica proposta por Mortimer e Scott, e como instrumento de caracterização da heterogeneidade das ideias e do desenvolvimento desta sequência será adotado o perfil conceitual Mortimer. A proposta da sequência didática para os temas entropia e espontaneidade será devidamente estruturada a partir de três diferentes dimensões: o foco de ensino, a abordagem e as ações, dentre as quais merecem destaque a narrativa científica, a exposição empírica e a exposição matemática.

**Palavras-chave:** Conceitos Científicos. Entropia. Espontaneidade.

## ABSTRACT

A key aspect for chemistry and other science learning process is related to the construction of scientific concepts. Several researchers and educators have focused their efforts on trying to identify the complex variables involved in the learning of science concepts. With this aim, we developed a split didactic sequence in three times and applied to a 3rd year of high school class of at the State School Dionisio da Costa, which is located in Patos – PB. Field diaries and questionnaires were used for data collection which supported the results and discussion of this research, however the categorization of the obtained data in the didactic sequence is developed from analytical structure proposed by Mortimer and Scott, and as a tool to characterize the heterogeneity of ideas and development of this sequence, the Mortimer conceptual profile will be adopted. The proposed didactic sequence for entropy and spontaneity issues will be properly structured based on three different dimensions: the teaching focus, the approach and actions, which the scientific narrative is worth mentioning, the empirical and mathematical exposition.

**Keywords:** Scientific Concepts. Entropy. Spontaneity



## **LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS**

**TICs** Tecnologias da Informação e Comunicação

**PCNs** Parâmetros Curriculares Nacionais

**LDB** Lei de Diretrizes e Bases

**ZDP** Zona de Desenvolvimento Proximal

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Critérios estruturantes organizados a partir da perspectiva da TSL. Fonte: RODRIGUES; FERREIRA (2011, p.7). .....	49
Quadro 2. Proposta Didática para o ensino dos Conceitos de Entropia e Espontaneidade .....	51
Quadro 3. Caracterização epistemológica das zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade. ....	53
Quadro 4. Questão 1: Duas barras de aço a temperaturas diferentes 20°C e 100°C, são colocadas em contato. O que se verifica após certo tempo? Explique. ....	60
Quadro 5. Questão 2: Têm duas canecas de alumínio ligadas e revestidas com isopor, uma com 1 litro de água a uma temperatura de 80°C e outra, também com 1 litro de água a uma temperatura de 20°C. Encostando uma na outra, verifica-se que após certo tempo, ambas encontram-se a uma temperatura média de 50°C. De acordo com o enunciado acima, você acredita que o processo inverso possa ocorrer espontaneamente, ou seja, que as massas de água, ambas agora a 50°C, voltem às temperaturas que anteriormente eram de 80°C e 20°C? Justifique.....	61
Quadro 6. Questão 3: Na caixa abaixo, de um lado, há um gás e do outro foi retirado tudo que havia, produzindo vácuo. Se retirarmos a separação, o que irá acontecer com as moléculas do gás? Faça desenhos representativos nos espaços abaixo, mostrando como as partículas do gás estavam antes, imediatamente após termos removido a separação e depois de um minuto. Explique com suas palavras o que significam os seus desenhos. ....	60
Quadro 7. Questão 4: Considerando que as moléculas de um certo gás ocupam todo o volume da caixa abaixo, é possível que elas espontaneamente se concentrem todas de um único lado do recipiente como na situação descrita no item anterior? Explique.....	61
Quadro 8. Questão 5: Imagine que em um terreno grande, cercado e abandonado, há um monte de areia. Com o passar do tempo, mesmo sem a intervenção de seres humanos ou mesmo de outros animais, o que você espera que aconteça? Explique. ....	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. O perfil epistemológico de Bachelard para o conceito de massa (BACHELARD, 2009, P.41).....	25
Figura 2. Esquema com a estrutura da atividade. Fonte: NUÑEZ, 2009, P.76. ....	46
Figura 3. Esquema de descrição dos elementos presentes em uma TSL (MÉHEUT, 2005) fonte RODRIGUES; FERREIRA, 2011, p.4.....	44
Figura 4. Imagem de Entrada da Simulação Computacional "Demônio de Maxwell".....	56
Figura 5. Emergência de zonas do perfil conceitual que emergiram no questionário. ....	65
Figura 6. Imagem da simulação computacional on-line.....	71

# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	12
<b>CAPÍTULO 1: REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	15
1.1 A TEORIA DO PERFIL CONCEITUAL .....	16
1.2 O PERFIL CONCEITUAL DE SUBSTÂNCIA.....	20
1.3 A IMPORTÂNCIA DO PROCESSO DE EVOLUÇÃO DA CIÊNCIA NO ENSINO E O CONCEITO DE ENTROPIA .....	20
1.4 PROCESSOS DE FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS .....	22
1.5 A NOÇÃO DO PERFIL EPISTEMOLÓGICO .....	23
1.6 UMA PROPOSTA DO PERFIL CONCEITUAL PARA O CONCEITO DE MODELO ATÔMICO .....	28
1.7 UMA PROPOSTA DO PERFIL CONCEITUAL DO CONCEITO DE MATÉRIA E SEUS ESTADOS FÍSICOS. ....	29
1.8 UMA PROPOSTA DE PERFIL CONCEITUAL PARA O CONCEITO DE MASSA.....	30
1.9 UMA PROPOSTA DE PERFIL CONCEITUAL PARA A ENTROPIA E ESPONTANEIDADE .....	32
1.10 UMA PROPOSTA DE PERFIL CONCEITUAL PARA O CALOR .....	33
1.11 AS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA EDUCAÇÃO .....	35
<b>CAPÍTULO 2: TEORIA DA ATIVIDADE</b> .....	38
2.1 SEQUÊNCIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM .....	43
<b>CAPÍTULO 3: PERCURSO METODOLÓGICO</b> .....	46
3.1 ABORDAGEM DA PESQUISA .....	47
3.2 ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM .....	48
3.3 ETAPAS DA SEQUENCIA.....	51

3.4 LOCAL DA PESQUISA E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	52
3.5 DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO .....	53
3.5.1 Primeiro momento: Levantamento das Concepções Prévias .....	53
3.5.2 Segundo momento: Aula prática - “Entropia: a rota para a desordem” .....	53
3.5.3 Questões norteadoras das discussões.....	55
3.5.4 Terceiro momento: Descrição do módulo digital: “Entropia e Desordem” .....	55
3.5.5 Perguntas para discussão em grupo referentes à Simulação.....	57
<b>CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>58</b>
4.1 RESULTADOS DO PRIMEIRO MOMENTO .....	59
4.1.1 Zona Generalista.....	65
4.1.2 Zona Essencialista .....	67
4.1.3 Zona racionalista .....	68
4.1.4 Zona Substancialista .....	69
4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO SEGUNDO MOMENTO .....	70
4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO TERCEIRO MOMENTO.....	71
<b>CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>78</b>

## APRESENTAÇÃO

O ensino de ciências tem passado por várias transformações ao longo dos últimos anos. Cada vez mais se propõe que os conteúdos ministrados em sala de aula sejam relacionados à realidade que cerca o aluno. Isso tem sido motivo de muitas discussões entre profissionais da área da educação, pois a maioria dos conteúdos que o aluno aprende na sala de aula, não é contextualizada. Existe uma enorme necessidade de melhorar o ensino de ciências em todas as suas etapas educativas, sendo importante o desenvolvimento de orientações curriculares atualizadas, de materiais didáticos e de estratégias de ensino a serem utilizados em sala de aula, que visem à inovação dos processos de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos.

Resultados de pesquisas já realizadas contribuíram para fortalecer a visão de que a aprendizagem se dá através do envolvimento ativo do aprendiz na construção do conhecimento e que as ideias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de ensino aprendizagem (MORTIMER, 1996). Sendo assim, as concepções do aluno e as formas específicas de como ele aprende não podem simplesmente ser ignoradas, e sim servir de base para o desenvolvimento do saber científico. Pois, o conhecimento prévio pode se constituir em um alicerce para compreender os conhecimentos científicos. E certamente é no processo de criar relações e indicar pontos convergentes que o conhecimento passa a ser construído, assimilado e vivenciado.

Quando o saber prévio do discente é considerado, um espaço de provocação e confronto de ideias começa a ser modelado, e assim, pela articulação e discussão de concepções, o objeto de estudo poderá adquirir uma melhor representação, para que o aluno se sinta protagonista, assumindo o papel de sujeito ativo e participante na elaboração dos novos conceitos que passam a fazer parte do seu aprendizado.

A partir da filosofia e da gênese do desenvolvimento científico, Bachelard (1940) oferece importantes contribuições para o ensino de ciências, entre elas a noção de obstáculo epistemológico. Os conhecimentos empíricos que o discente possui, quando não utilizado ou instigado, e, sobretudo, quando ignorado, podem vir a constituir-se numa barreira na aprendizagem no desenvolvimento e aceitação do conhecimento científico. A partir da noção Bachelardiana de perfil epistemológico,

Mortimer (2000) sugere a construção de uma nova ideia científica, sendo esta responsável pela explicação das velhas concepções, mas não as suprimir ou diminuir seu status para o estudante, porém, norteando como podem ser usadas em contextos independentes.

O conhecimento deve ser apresentado e discutido, não como forma de dissuadir os conhecimentos que o indivíduo já tem, que foi moldado ao longo de sua vida e do contexto social no qual está inserido, mas como uma oportunidade de ampliar o seu conhecimento a partir da visão científica dos fenômenos e situações com as quais se depara.

A noção de perfil conceitual, desenvolvida por Mortimer (1995; 2000), fundamenta-se na ideia de coexistência, para cada indivíduo, de diferentes formas de pensar um mesmo conceito, podendo ter mais de uma forma de representar e compreender a realidade que o envolve ou mesmo conceitos que já foram apresentados. Isso possibilita o uso do perfil conceitual como uma ferramenta para compreender o papel das ideias prévias no processo de ensino-aprendizagem, concebendo às mesmas a coexistência com os conceitos científicos.

Vários pesquisadores e educadores têm direcionado seus esforços na tentativa de identificar as complexas variáveis que envolvem a aprendizagem dos conceitos científicos. Está bem estabelecido que as estratégias de ensino devam levar em conta o que os alunos pensam e que ensinar não é simplesmente a transmissão de conhecimento, mas a criação de possibilidades para a sua produção ou construção (FREIRE, 1996). Outro aspecto importante a se considerar, conforme Wheatley (1991) refere-se ao fato de que tudo o que se aprende depende dos conhecimentos que já se tinha antes. Nesse sentido, o conhecimento é sempre contextual e indissociável do sujeito. Dentro desta perspectiva, o aluno é visto como um ser em constante transformação pela ação do conhecimento que ele próprio constrói.

Neste trabalho, os conceitos de entropia e espontaneidade foram escolhidos por observarmos uma carência de pesquisas referentes ao tema e também por acreditarmos na dificuldade que o educador encontra no ensino destes temas.

Este trabalho de pesquisa encontra-se organizado em três capítulos. No capítulo um será apresentada uma revisão da literatura, descrevendo a importância do Perfil Conceitual para o ensino dos conceitos no ensino de Química, especificamente de entropia e espontaneidade. No capítulo dois será apresentado o

contexto de desenvolvimento da pesquisa, destacando a questão foco. E no capítulo três, será apresentada a proposta da Sequência didática.

Isto posto, sugere-se os seguintes questionamentos: Que dificuldades enfrentam os alunos durante o desenvolvimento de estratégias de ensino sobre entropia e espontaneidade? Que tipos de aprendizagem realizam os alunos quando envolvidos em estratégias de ensino que promovam a interação dos conceitos de entropia e espontaneidade? Que avaliação os alunos fazem das tarefas realizadas quando a estratégia de ensino proposta é lecionada para uma unidade de ensino? Diante desses questionamentos a pesquisa apresenta o seguinte Objetivo Geral: Propor e analisar estratégias didáticas e sequências de ensino para a abordagem dos conceitos de entropia e espontaneidade a partir de zonas do perfil conceitual. E os seguintes objetivos específicos: Desenvolver e aplicar uma sequência de ensino com base em zonas do perfil conceitual, que proporcionem aos alunos a compressão dos conceitos de entropia e espontaneidade; Analisar limitações e possibilidades do professor de química para aplicar em sala de aula as estratégias didáticas que envolvem diferentes formas de pensar os conceitos de entropia e espontaneidade e Avaliar o potencial de uso de zonas do perfil conceitual para o ensino e aprendizagem de conceitos químicos.



# **CAPÍTULO 1:**

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo são estabelecidos dois polos de referência para o desenvolvimento da fundamentação teórica: no primeiro realizar-se-á uma revisão bibliográfica dos perfis conceitual já desenvolvido na literatura. E no segundo, análise vinculada à necessidade de atribuição de novas estratégias na formação de professores de Química com enfoque ao perfil conceitual de Mortimer (1994).

## **1.1 A TEORIA DO PERFIL CONCEITUAL**

O “paradigma construtivista” apresentou um fortalecimento a partir da década de 1970 devido às críticas aos modelos de ensino e aprendizagem positivistas. Assim, as estratégias de ensino passaram a tomar como ponto de partida as noções que os aprendizes já possuíam e tinham como objetivo oferecer possibilidades para os aprendizes construir seus próprios conhecimentos (FREIRE, 1996).

De acordo com von Glasersfeld (1998) e Jean Piaget foi quem introduziu o termo “construtivismo” no século XX com o desenvolvimento de sua Epistemologia Genética. O construtivismo Piagetiano é considerado pessoal, uma vez que sua busca está voltada para a análise do processo de evolução do conhecimento e da construção dos conceitos, realizada pelo indivíduo quando este interage com objetos do mundo. Assim, segundo essa perspectiva, seria de suma importância buscar entender como o aprendiz constrói seu conhecimento. Piaget considerava que o desenvolvimento intelectual do sujeito se dava por meio da adaptação da estrutura cognitiva aos novos conceitos, assim como se processa a adaptação dos seres vivos ao ambiente.

Para Vygotsky, o desenvolvimento mental do indivíduo acontece no contato e na interação com outros indivíduos. Assim, esse autor deu maior destaque à prática do trabalho em grupo ou a momentos que criem oportunidades de troca de experiências e de conhecimentos entre aprendizes para a construção de conceitos e sua posterior internalização (VYGOTSKY, 1991).

A partir do momento em que foi estabelecido o construtivismo como paradigma, percebeu-se a importância do conhecimento que o aprendiz já possuía antes de ser introduzido ao conteúdo escolar formal, já que esse seria o ponto de partida para o trabalho com o conhecimento cientificamente aceito. Dentre uma série

de modelos que surgiram, o Modelo de Mudança de Perfil Conceitual foi proposto inicialmente por Eduardo Mortimer como uma forma de modelar a heterogeneidade de pensamentos nas aulas de Ciências. Esse modelo entende que a construção de um conceito é um processo emergente, sempre produzido a partir de interações entre o indivíduo e experiências externas. Isso gera uma diversidade de conceituações, dispostas em um espectro crescente de complexidade de forma semelhante aos caminhos da construção do conhecimento ao longo da história, seguindo o modelo de perfil epistemológico proposto por Bachelard (1990) com relação às concepções sobre a realidade.

A teoria do perfil conceitual, os pressupostos teóricos em que esta noção se baseia, e os compromissos que precisam ser cumpridos para a proposição das zonas do perfil de um conceito, acreditaram que seja importante expor uma discussão levantada por Mortimer; Scott; El-Hani (2012) sobre o que é conceito e conceituação. Os autores trazem ideias que enriquecem a discussão acerca da aprendizagem, o que acreditamos ser importante destacar no presente trabalho, uma vez que um dos objetivos da pesquisa é observar o processo de conceituação vivenciado pelos alunos.

Mortimer; Scott e El-Hani (2012), exibem duas visões a respeito de conceito. A primeira visão é dominante, e aponta para uma perspectiva na qual conceitos são vistos como estruturas mentais que o indivíduo possui, que são construídas pelos

Mortimer; Scott e El-Hani (2012), argumentam que a suposição de que somos “possuidores” de conceitos provém de uma tendência do pensamento conceitual de operar de maneira parecida em situações que reconhecemos como semelhantes, e isso nos permite aplicar os conceitos estabilizados, várias vezes diante dessas situações. Outra explicação para a ideia de permanência do conceito reside na diferença entre sentido e significado (VIGOTSKI, 1978). Para o autor, sentido é visto como uma formação dinâmica, construída individualmente considerando que em diferentes contextos o sentido de uma palavra muda. Já o significado é elaborado socioculturalmente e pode ser considerado mais estável. Para Mortimer, Scott e El-Hani (2012):

Aprender um conceito é aprender seu significado, generalizar, passar de sentidos pessoais para significados socialmente aceitos. A produção de sentido, por sua vez, é um processo inteiramente pessoal (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2012, p.114).

Diante do exposto, os autores apontam para o fato de que conceito e conceituação são distintos, uma vez que o conceito é construído socialmente e sistematizado através da linguagem, e conceituações são processos mais dinâmicos, ainda que sejam limitados pelos significados dos conceitos, e sempre surgem ao longo da vida através das interações com o meio externo.

A perspectiva de conceituação como processo dinâmico se alinha com uma tradição socio-interativista e aponta para a possibilidade de ocorrência de processos de conceituação que estão relacionados com o contexto das experiências vividas. Esta visão está estreitamente relacionada com a teoria do perfil conceitual, quando esta considera a coexistência de diferentes maneiras de pensar e falar sobre um conceito com base na variedade de contextos existentes.

A teoria do perfil conceitual foi proposta por Eduardo Fleury Mortimer em meados dos anos 1990 como uma forma de modelar as diferentes formas de pensamento dos alunos, e com o objetivo de gerar nos estudantes uma compreensão dos conceitos científicos. (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2009). A abordagem do perfil conceitual é organizada com base na ideia de que as pessoas apresentam diferentes formas de pensar e conceitualizar o mundo que são utilizadas pelas pessoas para dar sentido a suas experiências (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2012).

O perfil conceitual pode ser visto como um modelo de ensino e aprendizagem, no qual diferentes modos de pensar sobre um determinado conceito são estruturados em zonas representativas de uma maneira de conferir significado a um determinado conceito (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2009). Esta linha de pensamento se opõe à corrente que aponta para uma mudança conceitual no processo de ensino e aprendizagem, na qual o aluno necessariamente deve abandonar as suas concepções prévias e construir novas ideias na aprendizagem de um determinado conceito. Para (MORTIMER, 1994, p.2) evolução conceitual em sala de aula pode ser descrita como uma mudança do perfil conceitual do estudante, cujo novo perfil inclui também, mas não exclusivamente, as novas ideias científicas.

A teoria do perfil conceitual se desenvolveu e foi ampliada com base em uma perspectiva sociocultural e sociointeracionista, que aborda a aprendizagem das ciências como “a aprendizagem da língua social da ciência escolar”. A essa perspectiva foram articulados alguns referenciais, tais como: a teoria da linguagem do círculo de Bakhtin, a teoria do desenvolvimento das funções mentais de Vigotski

a estrutura analítica desenvolvida por Mortimer e Scott (2003) para a análise da dinâmica discursiva em aulas de ciências; e, mais recentemente, a análise da construção do conhecimento escolar em termos da sociologia da educação de Basil Bernstein. (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2012).

Para a proposição do perfil conceitual de um determinado conceito é de grande importância que alguns aspectos teóricos e metodológicos sejam seguidos. Para isso é necessário que seja considerada uma variedade de significados conferidos a um dado conceito em diferentes contextos, associando-os a pelo menos três domínios genéticos propostos por Vigotski (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2012). Para que estes compromissos sejam contemplados, se fazem necessários, pesquisa e um desenho metodológico que, segundo os autores, podem ser realizados a partir de:

- (1) fontes secundárias sobre a história da ciência e análises epistemológicas sobre o conceito em estudo, que são particularmente instrumentais na compreensão da produção de significados no domínio sociocultural e no estabelecimento de compromissos ontológicos e epistemológicos que norteiam os processos de significação de um conceito;
- (2) Trabalhos sobre concepções alternativas de estudantes, que são úteis para compreender a significação dos conceitos no domínio ontogenético;
- (3) Dados colhidos através de entrevistas, questionários e filmagens de interações discursivas numa variedade de contextos de produção de significado, particularmente em situações educacionais, que dão acesso aos domínios ontogenético e microgenético (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2012, p.16).

Para este trabalho, as diferentes formas de pensar estruturadas em termos de zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade foram consideradas no planejamento do ensino, buscando fazer emergir em sala de aula uma ampla discussão sobre o conceito em foco. Cabe ao professor propor aos alunos discussões sobre aspectos históricos, contextuais e subjetivos relacionados com sentidos e significados atribuídos ao conceito de entropia e espontaneidade, para que estes se engajem em um processo dinâmico de conceituação, no qual diferentes concepções podem ser confrontadas e compreendidas a partir de contextos e situações específicas.

Nesse sentido, fizemos a opção de discutir com mais detalhes o perfil conceitual de entropia e espontaneidade proposto por Silva (2011, SILVA; AMARAL, 2013) como resultado de uma pesquisa que tomou por base Compromissos

epistemológicos e ontológicos implicados em concepções históricas, informais e subjetivas sobre substância, estruturada em termos zonas.

## **1.2 O PERFIL CONCEITUAL DE SUBSTÂNCIA**

O conceitual de substância proposto por José Roberto R. T. da Silva, em sua dissertação de mestrado pela UFRPE, em 2011, no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências. Para o perfil conceitual de substância, Silva (2011) propôs cinco zonas considerando dados obtidos a partir de questionários aplicados e entrevistas feitas com alunos do Ensino Médio e do Ensino Superior, professores da educação básica, pesquisa histórica em fontes secundárias, e revisão de trabalhos da literatura que versam sobre concepções de substância expressadas por alunos. Compromissos epistemológicos e ontológicos foram identificados para as diferentes concepções e zonas foram propostas para o perfil conceitual, tal como segue:

- Zona essencialista;
- Zona generalista;
- Zona substancialista;
- Zona racionalista;
- Zona relacional.

## **1.3 A IMPORTÂNCIA DO PROCESSO DE EVOLUÇÃO DA CIÊNCIA NO ENSINO E O CONCEITO DE ENTROPIA**

A história da ciência é vista como uma ferramenta para promover a construção dos conhecimentos científicos em classe, pesquisadores em ensino de física estão certos de sua importância até mesmo porque estudos têm apontado uma semelhança, ainda que muito localizada, entre as concepções alternativas dos estudantes e os modelos científicos que foram dominantes em determinado período histórico, nos diversos campos do conhecimento (DRIVER 1978).

A primeira definição do conceito de entropia surgiu por volta de 1865, com Rudolf Clausius, como sendo a medida de irreversibilidade de um sistema físico. Um pouco mais tarde, em 1887, a entropia é interpretada com uma nova visão matemática por Ludwig Boltzmann, dando origem a mais uma de suas interpretações científicas. Boltzmann definiu a entropia a partir das propriedades microscópicas de um sistema físico, passando a ser interpretada como sendo a medida da desordem desse sistema. Callen em 1985 postulou os axiomas da entropia do ponto de vista da termodinâmica de equilíbrio. E no quarto postulado da termodinâmica, a entropia perde sua veracidade na mecânica estatística, sendo logo introduzido às correções quânticas.

Em 1988, o cientista Constantino Tsallis, propõe uma nova explicação para a entropia, onde ele a chamou de entropia generalizada, com o intuito de contemplar outros sistemas físicos na natureza. É introduzido um parâmetro entrópico que expressa a medida da não extensividade dos sistemas físicos. Essa teoria deu origem a uma nova ciência chamada Estatística Não Extensiva. Por volta de 1948, Claude Shannon introduz o conceito de entropia na teoria da informação. Shannon propôs uma forma de medição quantitativa da informação fornecida por um evento probabilístico, baseada na tradicional expressão de entropia de Boltzmann presente na termodinâmica e física estatística (FIELDMAN,1998).

Em seu modelo de comunicação, a quantidade de informação transmitida em uma mensagem é função de previsibilidade da mensagem. A noção de entropia está ligada ao grau de desorganização existente na fonte de informação. Quanto maior a desordem, maior o potencial de informação desta fonte. Uma fonte que responda com uma única e mesma mensagem a toda e qualquer pergunta não transmite informação, já que não há redução de incerteza (ANDRADE et al, 2003). A partir daí diversas áreas da Ciência tem se beneficiado dessa definição, no qual se comporta como uma ótima ferramenta para quantizar e contabilizar informação de inúmeras situações e fenômenos que já foram estudados e outros que ainda o serão, dando cada vez mais ao termo entropia um caráter multidisciplinar entre as ciências da atualidade.

## 1.4 PROCESSOS DE FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS

Segundo Vygotsky, os conceitos científicos são aqueles desenvolvidos pelos professores na escola. Os mesmos são caracterizados por alto grau de generalidade e por sua relação com os objetos, mediada por outros conceitos. Por outro lado, os conceitos cotidianos ou espontâneos são adquiridos pela criança fora de contextos em que a instrução esteja explícita. Entretanto, alguns autores como Van der Veer (1998) e Bernstein (1999) preferem discutir essa questão numa abordagem histórica na justificação de seus pontos de vista acerca do papel da escola na formação dos conceitos científicos. Assim, na concepção desses últimos pesquisadores, os conhecimentos científicos podem ser desenvolvidos também fora das instituições formais de escolarização.

De acordo com Wertsch (1985), Vygotsky argumentava que o funcionamento das funções mentais humanas só pode ser propriamente compreendido a partir do exame de seu desenvolvimento em três domínios genéticos: a filogênese, a história sociocultural e a ontogênese. Wertsch (1985, p. 54-55), por sua vez, identificou, em seus estudos experimentais acerca do desenvolvimento cognitivo, um quarto plano de desenvolvimento examinado por Vigotsky, a saber, a microgênese. Desta perspectiva teórica, a construção de perfis conceituais deve considerar uma diversidade tanto de ideias quanto de contextos de produção, de modo a abarcar pelo menos três dos quatro domínios genéticos abordados por Vigotski em suas investigações acerca da relação entre pensamento, linguagem e formação de conceitos. São eles: o sociocultural, o ontogenético e o microgenético”.

A filogênese diz respeito à história evolutiva da espécie, às mudanças da estrutura orgânica, em especial do cérebro, que provêm limites e possibilidades para o desenvolvimento humano. Este é um processo que, para Vigostki, segue os princípios da evolução darwiniana. Na perspectiva vigostkiana, para compreender o desenvolvimento cognitivo humano, deve-se também examinar a influência exercida pela história da cultura em que o sujeito está inserido, mais especificamente, pelas atividades de comunicação simbólica através das quais os humanos produzem coletivamente novos significados para o seu comportamento (Wertsch, 1985, p. 32). Esta influência constitui o domínio sociocultural. O domínio ontogenético, por sua vez, se refere à história do desenvolvimento cognitivo de um membro individual da



espécie humana, envolvendo a operação simultânea e inter-relacionada de forças naturais e sociais de desenvolvimento das funções mentais. A microgênese, por fim, diz respeito à história de um determinado fenômeno psicológico, em geral de curto termo, podendo referir-se a eventos de transição genética, nos quais ocorre uma mudança qualitativa no desenvolvimento de um processo psicológico, ou a eventos de desdobramento de um ato perceptual e conceito individual.

Os episódios de ensino que se apoiam nos estudos de Davidov (1988) devem enfatizar a aquisição do conhecimento teórico em detrimento ao conhecimento empírico. Nesse caso, para que o processo de formação de conceitos científicos seja eficiente, é necessário que se promova a tomada de consciência da forma e da estrutura conceitual. Sendo assim, convém considerar o acesso individual aos conceitos científicos, o controle entre eles, e da mesma forma promover a interação entre esses últimos e os conceitos cotidianos. A conexão entre os conceitos espontâneos, que surgem pela aprendizagem empírica, e os conceitos científicos, que se desenvolvem pelo conhecimento teórico, é vista como a principal dimensão da ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal). Quando se trabalha segundo essa abordagem, os professores devem tentar explicar leis gerais, propondo que os alunos investiguem e apliquem tais leis em algumas situações de forma a incorporar conceitos mais específicos.

## **1.5 A NOÇÃO DO PERFIL EPISTEMOLÓGICO**

A obra do filósofo francês Gaston Bachelard celebra um fazer-se científico fundamentalmente lúdico, ao tomar o pensamento científico como objeto de sua reflexão, recusando-se a priorizar os modelos acabados. Com isso instaura uma perspectiva que concebe uma Ciência ágil e dinâmica como um constructo processual e inacabado, em que se aliam e se alteram reciprocamente pensamento e experiência. Bachelard inaugura uma vertente epistemológica que objetiva refletir acerca dessa Ciência em estado incessante de criação e inovação.

(...) O homem luta contra forças enormes. Ele enfrenta, em seu drama, forças desconhecidas. Somente uma sabedoria dinâmica, a sabedoria necessária ao despertar diante de um universo novo, pode ser uma força

operante, capaz de fazer em face de um novo desconhecido (BACHELARD, 1977).

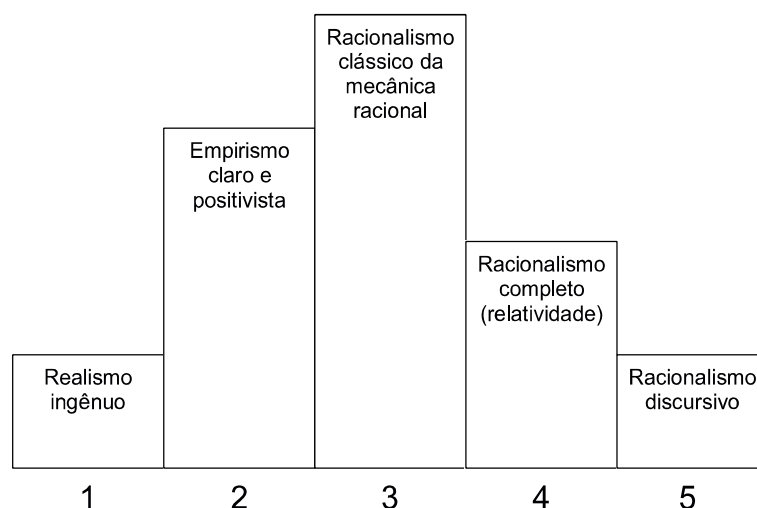
Desta forma, assume uma epistemologia na filosofia das ciências, que trata da relação entre o sujeito cognocente e o objeto conhecido, mas adequada ao pensamento contemporâneo, mostrando a necessidade de uma reforma subjetiva, pois o pensamento científico transforma os próprios princípios do conhecimento.

Em seu livro *A Filosofia do Não* Bachelard evidencia que a Ciência só encontra sentido dentro de seu próprio fazer-se, ressalta a necessária conexão e a dialética entre racionalismo e empirismo, entre esforço teórico e experiência, logrando a negação sistemática dos extremos. E que a ciência não é coordenada por princípios rígidos e suas normas vão se desenhando e se redefinindo de acordo com as rupturas que marcam seu desenvolvimento. A epistemologia bachelardiana incorpora a dialética entre razão e experiência, entre empirismo e racionalismo rompendo com os dogmas incontestáveis ao enfrentar o desconhecido. Redescobrimo-se nas experiências e nas práticas científicas elementos contraditórios e desestruturando suas teorias e impulsionando o conhecimento científico.

Bachelard (1996) chamou de obstáculos epistemológicos as barreiras a serem superadas para se estabelecer e se desenvolver uma verdadeira mentalidade científica. Segundo Lecourt (1980), o obstáculo epistemológico tende a se manifestar mais decisivamente para mascarar o processo de ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. Faria (2010, p. 14), destaca a partir do pensamento de Bachelard que “a aprendizagem pode, em muito, ser comprometida pela formação de obstáculos que impedem o conhecimento”. Ainda, conforme Bachelard (1996, p. 19), “um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado”, devendo ser superado para se construir um pensamento científico. Destaca também que a escola de hoje, muitas vezes ignora a complexidade do processo de ensino e aprendizagem.

Procurando observar a efetiva ação psicológica das diversas filosofias do conhecimento, Bachelard propõe o esboço de um perfil epistemológico para diversas conceptualizações, para isso utiliza-se de um exemplo de perfil epistemológico, o conceito de massa.

Caracterizado pela frequência com que cada uma das filosofias apresenta o conceito de massa – (1) animismo (realismo ingênuo); (2) realismo e positivismo (empirismo claro e positivista); (3) racionalismo (racionalismo clássico da mecânica racional); (4) racionalismo complexo (racionalismo completo – relatividade); e (5) racionalismo dialético (racionalismo discursivo), Bachelard obtêm um perfil epistemológico do conceito de massa. Ao considerar que há diferentes formas de se ver o mundo em uma mesma pessoa, Bachelard mostra que o perfil epistemológico de um conceito está relacionado a um conceito particular de um determinado indivíduo. A Figura 1. O perfil epistemológico de Bachelard para o conceito de massa (BACHELARD, 2009, P.41) Figura 1 mostra o perfil epistemológico de Bachelard para o conceito de massa.



**Figura 1. O perfil epistemológico de Bachelard para o conceito de massa (BACHELARD, 2009, P.41)**

Estabelecendo uma relação entre os trabalhos de Bachelard e Marton, Mortimer mostra que é possível notar que cada zona do perfil epistemológico está relacionada com “uma forma de pensar certo domínio ou contexto a que essa forma se aplica” (MORTIMER, 2006, p.73).

Mortimer usa o termo perfil conceitual no lugar de perfil epistemológico, ao acrescentar algumas características ao perfil epistemológico que não estão presentes na visão filosófica de Bachelard.

A noção de perfil conceitual tem, obviamente, características em comum com a de perfil epistemológico, como, por exemplo, a hierarquia entre as

diferentes zonas, pela qual cada zona sucessiva é caracterizada por conter categorias de análise com poder explanatório maior que as anteriores. No entanto, alguns elementos importantes devem ser adicionados à noção bachelardiana. (MORTIMER, 2006, p.78)

A distinção entre características ontológicas e epistemológicas de cada zona do perfil epistemológico é a primeira característica. Analisando o trabalho de CHI (1991), Mortimer aponta dificuldades ontológicas que podem ocorrer nos processos de aprendizagem.

A noção de perfil conceitual foi construída no decorrer de uma investigação acerca da evolução das concepções atomistas e do uso dessas concepções para explicar estados físicos dos materiais por estudantes de 14 a 15 anos, ao longo de uma sequência de aulas (Mortimer, 1994; 2000a). As hipóteses propostas no estudo e os pressupostos utilizados na metodologia de ensino estavam pautados, inicialmente, em elementos baseadas, precisamente, nas ideias de Vigotski, partindo de uma grande diversidade de significados atribuídos a um conceito e uma variedade de contextos de produção de significados, incluindo pelo menos três dos quatro domínios genéticos considerados por Vigotski em seus estudos sobre as relações entre pensamento, linguagem e formação de conceitos, quais sejam, os domínios sociocultural, ontogenético e o microgenético (Wertsch, 1985). Segundo Mortimer *et al* (2009) o que se investiga nos dados relativos à produção de significado nestes domínios são compromissos ontológicos e epistemológicos que concretizam modos de pensar e falar sobre os conceitos e assim tornar possível a proposição de zonas para a construção de um perfil conceitual.

Tais domínios podem ser explicados: o domínio filogenético leva em conta a história evolutiva da espécie, as mudanças da estrutura orgânica que permitem o desenvolvimento humano, baseado nos princípios da evolução darwiniana (SEPÚLVEDA, 2010); o sociocultural considera fontes secundárias sobre a história da ciência e análises epistemológicas sobre o conceito em estudo (COUTINHO, 2007), mais especificamente, pelas atividades de comunicação através das quais os humanos produzem coletivamente novos significados (SEPÚLVEDA, 2010), podendo ainda ser realizado por meio de uma revisão bibliográfica (COUTINHO, 2007); o ontogenético diz respeito à história do desenvolvimento cognitivo de um indivíduo, envolvendo a intervenção simultânea e inter-relacionada de forças naturais e sociais de desenvolvimento das funções mentais (SEPÚLVEDA, 2010),

tendo trabalhos sobre concepções alternativas de estudantes como dados úteis para compreender a significação dos conceitos nesse domínio (MORTIMER *et al*, 2009); E por fim, o microgenético refere-se à história de um fenômeno psicológico, podendo estar presentes eventos de transição genética. No qual dados empíricos, através de entrevistas, questionários e filmagens de interações discursivas em sala de aula, permitem estudar a gênese de conceitos em curtos períodos de tempo (SEPÚLVEDA, 2010). Uma análise microgenética compreende a interação cognitiva entre pessoas (MORTIMER *et al.*, 2009), permitindo um exame minucioso do processo de elaboração conceitual em um evento particular destas interações humanas (SEPÚLVEDA *et al*, 2007).

Mortimer (1994: 1995; 2000a) tomou como base, então, a ideia de que coexistem, em cada indivíduo diferentes formas de pensar um mesmo conceito, as quais compõem uns vinte perfis conceituais, constituído por zonas identificadas com base em compromissos epistemológicos e ontológicos próprios de diferentes formas de compreender a realidade.

A despeito de cada indivíduo apresentar seu próprio perfil para cada conceito, com um peso distinto dado a cada zona, as zonas propriamente ditas podem ser potencialmente compartilhadas por todos os indivíduos num mesmo contexto sociocultural. Assim, a particularidade de cada perfil conceitual individual não reside propriamente em sua composição em termos de zonas, mas no peso que estas zonas apresentam no pensamento individual, em decorrência das oportunidades que os indivíduos tiveram de aplicá-las em diferentes contextos de modo eficaz, ao longo de suas experiências sociais, sejam na educação formal, na vida cotidiana ou no trabalho.

## 1.6 UMA PROPOSTA DO PERFIL CONCEITUAL PARA O CONCEITO DE MODELO ATÔMICO

Mortimer (1997) apresenta as quatro zonas do perfil conceitual de átomo. A primeira zona no perfil do conceito de átomo está relacionada a uma concepção contínua da matéria. Tal região do perfil caracteriza-se pela negação do conceito de átomo, sendo o principal obstáculo para a construção deste conceito a negação da possibilidade de existência de espaços vazios entre as partículas materiais. Tal concepção contínua da matéria pode ser denominada como sensorialista, pelo fato de estar associada à percepção sensorial direta da matéria como algo contínuo.

A segunda zona apresentada pelo autor é denominada como substancialista. Nesta, os alunos concebem os átomos como grãos de matéria que podem dilatar-se, contrair-se e até mudarem de estado. Nesta concepção os estudantes fazem analogias entre o comportamento das partículas e o comportamento das substâncias, atribuindo propriedades macroscópicas aos átomos.

A terceira zona do perfil conceitual do átomo é atribuída à sua noção clássica como unidade básica de construção da matéria, assim o átomo é visto como uma partícula material, sendo seu comportamento regido pelas leis da mecânica clássica, como qualquer outro corpo. A visão clássica do átomo possui algumas características intrínsecas que são obstáculos à construção de uma visão quântica que também o átomo possui, como os vestígios do substancialismo. Portanto, o que hoje é uma ideia nova, está fadado a ser, futuramente, um obstáculo para a resolução de um problema novo. Tal provisoriedade do conhecimento nos obriga a pensar o ensino como a mudança de perfis conceituais e não como a substituição de noções cotidianas por conceitos científicos, pois estes terão que ser substituídos por conceitos mais avançados no futuro (MORTIMER, 2000).

## 1.7 UMA PROPOSTA DO PERFIL CONCEITUAL DO CONCEITO DE MATÉRIA E SEUS ESTADOS FÍSICOS

Baseado na proposta de perfil conceitual de Mortimer (2000), Cunha (2003) propôs um perfil conceitual do conceito de matéria e seus estados físicos, a partir de um trabalho desenvolvido com seis turmas da 1ª série do Colégio Estadual Luiz Viana, em Salvador-BA, durante o ano letivo de 2002, em que foi realizada uma intervenção didática, em que alunos e alunas foram levados a compreensão de conceitos, a partir de atividades efetuadas por eles/elas em sala de aula e em laboratório de Química, para desenvolver um modelo cinético-molecular para os estados físicos dos materiais, propostas por Mortimer (2001), discutindo as propriedades dos materiais e seus estados físicos para que se pudesse chegar à compreensão da constituição da matéria por partículas, isto é, a natureza particulada da matéria.

De acordo com esta noção, uma fase fundamental no planejamento do ensino seria a determinação das categorias que constituem as diferentes zonas do perfil do conceito a ser ensinado, bem como a identificação dos obstáculos ontológicos e epistemológicos (MORTIMER, 2000).

Uma vez identificadas as categorias do perfil conceitual de um desses conceitos, ele pode servir de referência para o professor, em sala de aula, avaliar a presença de cada uma delas em cada aluno, construindo assim seus perfis conceituais individuais. De posse desses perfis, o professor pode, então, procurar estratégias que promovam as necessárias mudanças conceituais individuais e avaliar a evolução conceitual que ocorra.

Para a identificação das categorias do perfil para cada conceito, buscamos subsídios na literatura existente sobre conceitos alternativos e na história da Física. A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica da literatura acumulada sobre concepções alternativas referentes ao conceito físico de massa, seguida de análise psicogenética dessas concepções, visando identificar as categorias epistemológicas e ontológicas do perfil conceitual desse conceito e as correspondentes mudanças ontológicas e epistemológicas.

Comparativamente ao que foi dito anteriormente, pode-se propor as seguintes zonas de perfil conceitual relativo ao tema proposto: i) noção vaga, sensorial,

indiferenciada de volume, pré-teórica, sem relação com referencial teórico, indistinta de peso; peso como propriedade geral da matéria, usado também como medida grosseira de quantidade de matéria, embora como quantidade não conservada; ii) início da distinção entre peso e massa; massa como conceito realista, mais empírico que lógico, medida pela balança, medida da quantidade de matéria; identificação de massa com outras quantidades; inércia, calor, frio e secura proporcionais ao peso ou à quantidade de matéria; falsas relações entre o peso do corpo e seu tempo de queda; iii) massa distinta de peso, mas proporcional a este e fonte do fluxo de força gravitacional; massa definida em termos da densidade e correlacionada à força e à aceleração; definições relacionais entre grandezas massa, peso, força e aceleração, estruturadas num “sistema nocional”; iv) massa relativística, não mais absoluta mas dependente da velocidade, congênere a energia; v) massa dualista na Mecânica Quântica Relativística, com a antimatéria; vi) massa como singularidade na métrica do espaço-tempo, relacionada à curvatura do espaço e definida a partir dos tensores momento-energia e de curvatura; massa inercial igual à massa gravitacional.

Em sendo “massa” um conceito tão cotidiano e, paradoxalmente, tão complexo, não se poderia esperar, em um único trabalho, condensar todas suas ontologias e visões epistemológicas em um perfil conceitual definitivo. No entanto, o perfil aqui apresentado constitui-se numa razoável proposta de trabalho que se aperfeiçoará com suas aplicações.

## **1.8 UMA PROPOSTA DE PERFIL CONCEITUAL PARA O CONCEITO DE MASSA**

A maioria das propostas de perfil conceitual encontradas na literatura toma por base a discussão da epistemologia histórica proposta por Bachelard (1996). Em sua proposta do perfil epistemológico, Bachelard considerava que todo conhecimento científico estava disperso em diferentes tipos de pensamentos filosóficos. Esses tipos de pensamento constituíam vários níveis de entendimento. Para ele uma única escola filosófica não seria suficiente para descrever todas as diferentes formas de pensar, quando se tenta expor e explicar um simples conceito (JUNIOR; TENÓRIO; BASTOS, 2007).



Bachelard exemplifica a aplicação da noção de perfil conceitual tomando como referência o conceito de massa, estabelecendo diferentes zonas para o perfil, qual seja: o empirismo, o racionalismo clássico, o racionalismo moderno e o racionalismo contemporâneo.

O empirismo, "a noção de massa corresponde a um emprego cautelosamente empírico, a uma determinação objetiva precisa. O conceito está então ligado à utilização da balança (...)" (Bachelard, 1991 p.18). Constitui basicamente o pensamento do senso comum, que atribui massa àquilo que é pesado.

O racionalismo clássico, "a noção de massa define-se num corpo de noções e não apenas como um elemento primitivo de uma experiência imediata e direta. De acordo com Newton a massa será definida como o quociente da força pela aceleração. Força, aceleração, massa, estabelecem-se correlativamente numa relação claramente racional, dado que esta relação é perfeitamente analisada pelas leis racionais da aritmética" (Bachelard, 1991 p.18).

O racionalismo moderno faz com que as noções se tornem mais complexas. A noção de massa, que era uma função simples, vai se tornar complexa, dependente de uma série de outras noções. A massa não é mais absoluta no tempo e no espaço, mas torna-se uma função da velocidade (Bachelard, 1991).

O racionalismo contemporâneo englobaria os avanços mais recentes da ciência como estudo de sistemas caóticos, reações distantes do equilíbrio químico, sistemas irreversíveis, etc (Mortimer, 1995).

Partindo de uma matriz epistemológica do conceito de massa segundo Bachelard, Jammer, Piaget e Doménech, o pesquisador Santos (2005) fez uma mesclagem dos conceitos destes e propôs as seguintes zonas ao perfil conceitual de massa: i) noção vaga, sensorial, indiferenciada de volume, pré-teórica, sem relação com referencial teórico, indistinta de peso; peso como propriedade geral da matéria, usado também como medida grosseira de quantidade de matéria, embora como quantidade não conservada; ii) início da distinção entre peso e massa; massa como conceito realista, mais empírico que lógico, medida pela balança, medida da quantidade de matéria; identificação de massa com outras quantidades; inércia, impetus, calor, frio e secura proporcionais ao peso ou à quantidade de matéria; falsas relações entre o peso do corpo e seu tempo de queda; iii) massa distinta de peso mas proporcional a este e fonte do fluxo de força gravitacional; massa definida em termos da densidade e correlacionada à força e à aceleração; definições

relacionais entre grandezas massa, peso, força e aceleração, estruturadas num “sistema nocional”: iv) massa relativística, não mais absoluta mas dependente da velocidade, congênere a energia; v) massa dualista na Mecânica Quântica Relativística, com a antimatéria e vi) massa como singularidade na métrica do espaço-tempo, relacionada à curvatura do espaço e definida a partir dos tensores momento-energia e de curvatura; massa inercial igual à massa gravitacional.

### **1.9 UMA PROPOSTA DE PERFIL CONCEITUAL PARA A ENTROPIA E ESPONTANEIDADE**

A partir da proposta de perfil conceitual de Mortimer (1995) e Mortimer (2000) foi proposto por (AMARAL; MORTIMER, 2004) uma sequência de ensino usando o perfil conceitual como instrumento para analisar uma aula de química para o conceito de entropia e espontaneidade. O perfil foi construído a partir de uma situação onde foi ministrado um curso em uma turma de ensino médio de 2º ano em uma escola pública federal brasileira, a fim de analisar e descrever a evolução da ideia, tanto no espaço social na sala de aula quanto no ensino e aprendizagem. O perfil conceitual é uma noção relacionada ao ensino e aprendizagem de conceitos científicos desenvolvidos por Mortimer (1995) para descrever e analisar a evolução desses conceitos. Essa noção se fundamenta no princípio de que um conceito pode abranger uma diversidade de significados, sendo que a utilização desses significados é dependente do contexto. Esses significados incluem zonas científicas e não científica, sendo que cada indivíduo exibe um perfil conceitual próprio, relacionado às suas experiências e aprendizagem. Embora o perfil seja característico de cada indivíduo, as categorias que definem suas zonas podem ser consideradas como universais e potencialmente compartilháveis pelos indivíduos de uma mesma cultura.

As zonas de perfil conceitual foram baseadas nas ideias de diferentes contextos da história, Ciência, pesquisa e educação em sala de aula que contribuíram para representar o perfil conceitual de entropia e espontaneidade. A partir dos dados obtidos foram propostos três níveis de compreensão para o conceito de entropia e espontaneidade de processos físico-químicos, encontrados

no contexto histórico e na sala de aula. Para cada nível foi constituído por pelo menos uma zona de perfil conceitual que são: *zona perceptiva* onde são incluídas as ideias de espontaneidade que corresponde às impressões imediatas, sentimentos e intuições sem estruturações dessas informações. A *zona empirista* onde é considerada as ideias que surgem a partir da discussão da experiência e de fenômenos, em que as condições físicas (temperatura, pressão, etc.) necessárias relacionar com espontaneidade ocorra. A *zona formalista* é caracterizada pela utilização de algoritmos e fórmulas matemáticas para a análise dos processos.

A zona racionalista incluiu ideias racionalistas, envolvendo uma distribuição de energia em um nível atômico molecular e maior nível. Apesar de uma predominância no uso de formalismo matemático, foi percebido que houve uma racionalização quando os alunos pensam espontaneidade de processos a partir de modelos de distribuição de energia molecular e também quando há uma compreensão da entropia dentro de uma noção complexa expressada pela energia livre.

### **1.10 UMA PROPOSTA DE PERFIL CONCEITUAL PARA O CALOR**

Amaral e Mortimer (2001) propuseram um perfil conceitual para o conceito de calor. No presente perfil foram propostas as seguintes zonas epistemológicas para o conceito de calor: realista, empírica, substancialista, animista e racionalista. Com relação à *zona realista*, é abordado as ideias de calor a partir de sensações. De acordo com os autores as primeiras noções de calor estão vinculadas à sensação térmica de quente que faz parte de concepção de senso comum em situações cotidianas. Na *zona substancialista* o calor é tratado como uma substância inerte, a partir de concepções filosóficas, de Platão e Aristóteles. Na *zona animista*, o calor é exposto como uma substância viva e que dá vida. Na história da química, essa zona está respaldada na ideia de que o calor teria o poder de dar vida a objetos, apresentada por Bachelard (1996). Com relação à *zona empírica*, os autores consideraram a concepção de calor relacionada com as medidas de temperatura.

As ideias mais primitivas de calor são aquelas nascidas das sensações de quente e de frio. De acordo com Silva (1995), as primeiras noções de calor são

advindas da origem e uso do fogo como fonte de calor. A descoberta do fogo revolucionou a vida do homem. Usado como fonte de luz e de calor, constituía-se igualmente numa arma e fonte de energia para a transformação de materiais. Dentre os filósofos naturais que se empenhavam na busca de um princípio único, Heráclito (535- 470 a.C.) achava que o fogo estava na base das diversas manifestações e transformações da matéria conhecida. Para ele, a chama podia tomar todas as formas e representava a imagem da diversidade da natureza (Vidal, 1986, Silva, 1995). Na teoria dos elementos, a proposta das formas geométricas, feita por Platão, apresentava o fogo como o elemento mais leve e mais móvel, correspondendo assim ao menor dos poliedros, com o poder de destruição devido às arestas agudas da sua figura. Para Aristóteles, a uma matéria-prima amorfa juntavam-se propriedades e qualidades que a tornavam sensível e determinavam a sua “forma”. Essas qualidades eram em número de quatro e constituíam dois pares opostos (quente e frio, seco e úmido). Para Aristóteles, eram essas qualidades, e não os elementos, que constituíam a base primordial de todas as coisas, já que os elementos correspondiam a combinações de qualidades. O fogo, por exemplo, combinava o par quente-seco (VIDAL, 1986).

A ideia de calor, desde os seus primórdios, está relacionada à ideia de quente. Desta forma, a primeira noção de calor está ligada à sensação térmica de quentura. Barbosa Lima e Barros (1997), considerando a relação de contrários na mente infantil, onde o frio é o contrário do quente e também o contrário de calor, afirma haver uma relação de sinônimos entre quente e calor. Erickson (1985) aponta para o uso dos termos “calor” e “quente” por crianças de 2-3 anos de idade para descrever aspectos dos seus contatos com objetos quentes. Aos 8-9 anos, o “calor” é usado em termos de um “estado de quentura”.

Bachelard (1996) apresenta o obstáculo animista inicialmente chamando a atenção para o uso da “intuição ofuscante que considera a vida como um dado claro e geral” (p.185), que faz com que “qualquer outro princípio esmaieça quando se pode invocar um princípio vital”. “A vida marca as substâncias que anima com um valor indiscutível” (p.192). O autor sustenta sua argumentação na análise de textos que conferem um lugar preponderante aos reinos vegetal e animal em comparação com o reino mineral (p.186) e mostram um compromisso dos estudiosos em se manter num plano natural fazendo referências aos reinos animal e vegetal para escapar às abstrações.

Segundo Silva (1995), mesmo que Aristóteles e Platão apresentassem a ideias de movimento e separassem a ideias do fogo daquela do seu efeito, o calor, eles acabavam por relacionar o calor ao éter, dando-lhe assim um *status* de substância. No trabalho de Hoppe (1928 in Silva, 1995) é colocado que tanto por Platão quanto por Aristóteles, apesar de haver menções de que o movimento produz calor, este não seria constituído a partir do movimento e sim a partir do éter. Segundo o autor, para Platão, calor e frio não eram expressões relativas, uma vez que o pensador considerava que a geada se forma a partir do sereno, quando este perdia o seu conteúdo de fogo, ou ainda, que a neve se formava quando a água perdia sua porção fogo. Segundo Silva, isso nos leva a concluir que, para o pensador grego, havia apenas a idéia de calor e o seu “contrário” (aspas do autor): o frio. É ainda ressaltado que as explicações de Platão e de Aristóteles repercutiram até o final da Idade Média, quando uma referência explícita ao calor como uma substância é encontrada nas palavras de Giordano Bruno (1548-1600) (Bruno, 1548/1984 in Silva 1995). Além deles, muitos outros desenvolveram ideias de calor com uma substância, dentre eles, Lucrécio (95-55 a.C.), Gassendi (1592-1655) e Galileu (1564-1642).

### **1.11 AS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA EDUCAÇÃO**

Atualmente vivemos uma época de grandes desafios demandados devido aos avanços tecnológicos. Essas tecnologias têm permitido o acesso às informações muito rápido. Neste cenário, observamos que, aos poucos, as tecnologias da informação e comunicação foram inseridas no processo de ensino aprendizagem. Os profissionais da educação defrontam-se hoje com exigências de ordens diversas no sentido de incorporarem à sua prática em sala de aula as tecnologias de informação e comunicação (TICs). Os documentos oficiais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs e PCNEM) recomendam o uso dessas tecnologias. "As tecnologias da comunicação e da informação e seu estudo devem permear o currículo e suas disciplinas." (BRASIL, 1999, p. 134). Esses documentos apresentam-se como diretrizes norteadoras do ensino e exercem certa influência na atuação docente, mas é da relação cotidiana com os alunos que vem a demanda –

às vezes, impiedosa e até mesmo pouco criteriosa – pela diversificação de recursos e aproveitamento das possibilidades desses nas atividades educacionais.

As Tecnologias de Informação e Comunicação consistem em processos de tratamento, controlo e comunicação de informação, baseados fundamentalmente em meios electrónicos, como, computadores ou sistemas informáticos. Dentre essas tecnologias podem-se citar Tutoriais, Aplicativos, Linguagem de computador, jogos, Simulações computacionais. Os tutoriais caracterizam-se por transmitir informações de modo pedagogicamente organizado, como se fossem um livro animado, um vídeo interativo. Os programas tutoriais constituem uma versão computacional da instrução programada, divide-se cada tema numa parte central e em várias ramificações, planeadas para proporcionar uma instrução mais detalhada e mais simples. Os aplicativos são programas voltados para aplicações específicas, como processadores de texto, gestores de bases de dados. Embora não tenham sido propriamente desenvolvidos para uso educacional, permitem interessantes usos em diferentes disciplinas. As aplicações constantes do “Microsoft Office” são as mais populares.

As linguagens de computador podem ser interessantes como estímulo à atividade de organização das ideias, possibilitando um rico ambiente cognitivo. Os jogos pedagógicos, como todos os jogos, pretendem ser divertidos, mesmo quando estão a promover a aprendizagem. Estes jogos são normalmente executados sob o comando de um conjunto de regras bastante claro e, geralmente, têm um vencedor no final (mesmo quanto o aluno está a jogar sozinho, ele normalmente disputa com o computador).

As simulações computacionais são programas que apresentam um modelo de um sistema real ou imaginário. Atualmente, os computadores já têm a capacidade de simular sistemas razoavelmente complexos. Consequentemente, simulações computacionais pedagogicamente relevantes podem ser programadas de maneira a envolver grande complexidade e realismo e, dessa forma, gerar considerável interesse.

Os jogos educativos e simuladores, de acordo com Valente (2005), apesar de manterem a visão de que o computador ensina o aluno, abandonam a proposta da instrução direta. Os jogos educacionais possibilitam ao aluno, que de forma autodirigida, tenha a liberdade para explorar por ele próprio o jogo. É muito usado por aqueles que defendem a ideia de que o aluno aprende melhor quando é livre

para descobrir ele próprio as relações existentes entre um dado contexto. Constituem-se em uma forma divertida de aprender, podendo ser usado para ensinar conteúdos que na prática são difíceis de aprender por não existirem aplicações práticas perceptíveis de forma mais imediata para eles. Os simuladores reproduzem no computador modelos de fenômenos do mundo real, que dificilmente poderiam ser trabalhados pelos alunos com qualidade e realismo nas formas tradicionais de ensino. Com bons programas de simulação, o aluno pode desenvolver hipóteses, testá-las, analisar resultados, como as simulações usadas em Física e Química, muitas delas dificilmente passíveis de serem analisadas de forma mais realista pelos alunos. “Quanto maior a possibilidade de intervenção do aluno no evento que está sendo simulado, maior é a vantagem no uso desse material e mais esse tipo de software se aproxima de uma ferramenta distanciando-se da categoria tutorial” (ZACHARIAS, 2007).

# **CAPÍTULO 2:**

## **TEORIA DA ATIVIDADE**



A presente pesquisa será trabalhada as atividades, que envolvam o conceito de entropia e espontaneidade, e pretendemos a partir delas modelar a heterogeneidade do pensamento utilizando as zonas do perfil conceitual de maneira a ampliar as zonas que trazem uma visão científica do conceito. Para isso precisamos entender como a atividade contribui neste processo.

Segundo Sforni (2009) o processo de aprendizagem de um conceito envolve diversos fatores como, sociais, culturais, cognitivos e etc. Diante disso, a compreensão deste se torna tão complexa, uma vez que existem fatores que são extremamente individuais. Cada indivíduo ao apropriar-se e atribuir significados sociais à um conceito, refaz de forma individual as formas histórico-sociais da atividade

De acordo com Vigotski (1991) a aprendizagem “pressupõe uma natureza social específica e um processo através do qual as crianças penetram na vida intelectual daquelas que as cercam”. Neste sentido a atividade individual se estabelece a partir das atividades coletivas e essa relação é mediada por instrumentos e signos.

A evolução da apropriação do conhecimento pelo homem está espontaneamente ligada à atividade produzida sócio-historicamente anteriormente a ele, desta maneira a construção de significados individuais fica subjacente aos significados sociais,

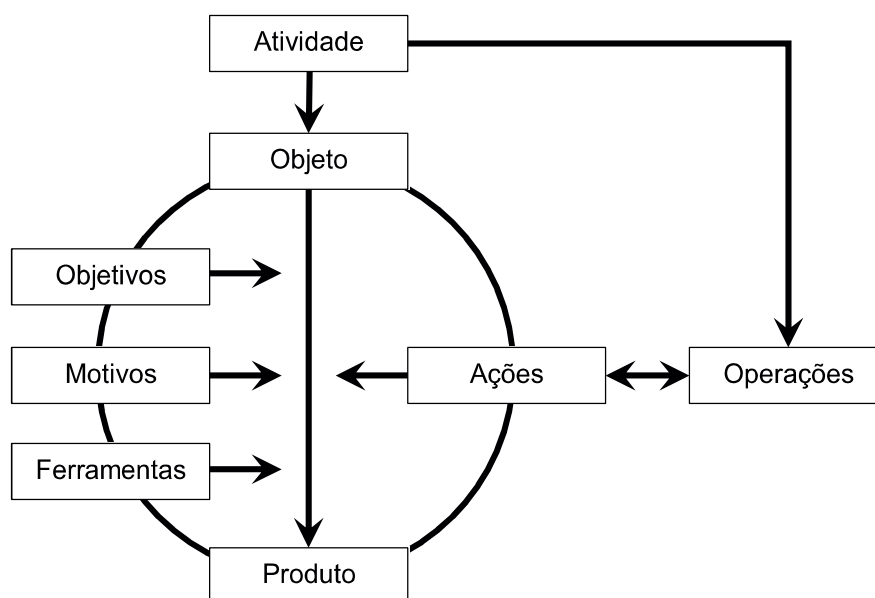
Consciência individual só pode existir nas condições de uma consciência social; é apropriando-se da realidade que o homem a reflecte como através do prisma das significações, dos conhecimentos e das significações elaboradas socialmente (LEONTIEV, 1978, apud Longarezzi; Franco, 2013, p.261).

É através da atividade que o homem confere sentido pessoal às significações sociais, e assim atribui um significado pessoal, que está relacionado com suas interações e experiências com o meio. (LONGAREZZI; FRANCO, 2013).

As atividades desenvolvidas na escola não são diferentes, elas apresentam um sentido social, porém para alcançar os alunos e tornar o processo de ensino e aprendizagem mais fácil, é necessário que haja um sentido pessoal para o aluno na atividade que ele está desenvolvendo, caso contrário aquela atividade passa apenas a ser uma ação, que para o aprendiz não apresenta um sentido pessoal. (ASBAHR, 2005).

A atividade de aprendizagem segundo Moura et al... (2010) “decorre de uma aprendizagem de ensino escolar, intencional, sistematizada e organizada, que objetiva a formação do pensamento teórico” na qual o estudo é uma ação para a aprendizagem e esta é compreendida como o processo no qual se aprende.

Para que uma ação possa ser considerada como atividade, para Leontiev, é necessário que haja uma estrutura invariável: Um sujeito, um objeto, os motivos, o objetivo, o sistema de operações, a base orientadora da ação, os meios para realizar a ação, as condições de realização e o produto (NUÑEZ e PACHECO, 1997 apud FIRME; AMARAL, 2010). Nuñez (2009) organiza esses elementos em um esquema conforme a Figura 2 a seguir:



**Figura 2. Esquema com a estrutura da atividade. Fonte: NUÑEZ, 2009, P.76.**

A estrutura da atividade é formada por várias ações, e é entendida como um processo em que ocorre uma interação entre sujeito e objeto. E para ser compreendida como atividade é necessário que haja um motivo ou uma necessidade que orientam as ações, que por sua vez são conduzidas por objetivos conscientes que não necessariamente precisam estar diretamente relacionados à necessidade inicial. Mas a satisfação da necessidade está ligada a concretização destes objetivos de forma articulada (MOREIRA; PEDROZA; PONTELO, 2011).

No caso da escola, o sujeito sempre será o aluno, pois este se refere a quem realiza a ação, porém o sujeito que realiza a ação nem sempre é um indivíduo isolado, pois as relações sociais estabelecidas com os outros servem de base para

ele, logo o sujeito da atividade pode ser um indivíduo, um grupo social ou até mesmo a sociedade em geral.

Para Abuljanova et. al. (1998), as ações realizadas na atividade não são apenas aquelas em que o sujeito realiza de forma consciente, mas também as atividades inconscientes que estão relacionadas com a personalidade do indivíduo, e que caracterizam a forma como estes indivíduos realizam a ação, e como ele percebe o mundo em relação à sua posição social.

Segundo Nuñez (2009) o objeto da atividade “Constitui a matéria-prima necessária para que o sujeito da atividade possa obter um produto determinado”. A atividade sem um objeto não faz sentido, pois ele é o constituinte mais importante da atividade, para Leontiev (1989) o objeto da atividade é o seu motivo real.

Na escola e considerando a aprendizagem como atividade, o objeto é o conteúdo que se pretende que o aluno aprenda, e há também uma singularidade neste caso, pois não é apenas o objeto que se modifica, mas também o sujeito sofre transformações à medida que estabelece interações com o meio externo e as outras pessoas existentes nele, desta forma o sujeito se torna também objeto da atividade. (NUÑEZ, 2009).

Junto com a transformação do objeto do conhecimento, o sujeito se transforma a si mesmo produzindo modificações significativas no seu desenvolvimento, seja no plano funcional (quantitativo) seja no evolutivo (formação de um nível psicofisiológico novo). (LONGAREZI; FRANCO2013, p.255).

Os motivos para realizar a ação precisam partir do sujeito, e estão associados a satisfação de alguma necessidade, e ao encontrar o objeto que satisfaz a necessidade, esta pode regular a atividade. O motivo não se relaciona apenas com o objetivo que move o sujeito, mas também aos aspectos que levam o sujeito a agir para atingir seu objetivo, logo o motivo está relacionado também com o que motiva o sujeito. Para Leontiev é necessário que haja a motivação em todos os momentos da atividade, com objetivo de que haja uma procura pela importância e significado que o objeto de estudo pode ter na aprendizagem. (NUÑEZ, 2009).

O ensino que acontece nas escolas tem como compromisso aproximar os alunos do conhecimento científico. Por isso é fundamental que o professor tenha a clareza sobre o seu objeto de ensino e que este terá de se transformar em objeto de aprendizagem pelos alunos. E isso apenas se torna possível se o objeto de

aprendizagem for uma necessidade para eles. Dessa forma o conhecimento é simultaneamente objeto e necessidade da atividade (MOURA, et al., 2010).

Para que uma ação seja caracterizada como atividade o seu motivo precisa coincidir com o objetivo. Nas atividades pedagógicas os objetivos precisam ser expostos para os alunos, pois assim eles podem ter consciência de onde ele precisa chegar isso faz com que haja uma autorregulação por parte dos alunos, em busca do que se deseja saber (NUÑEZ, 2009).

Para que a aprendizagem se concretize para os estudantes e se constitua efetivamente como atividade, a atuação do professor é fundamental ao mediar a relação dos estudantes com o objeto do conhecimento, orientando e organizando o ensino. As ações do professor na organização do ensino devem criar, no estudante, a necessidade do conceito, fazendo coincidir os motivos da atividade com o objeto de estudo (Moura, et al... 2010, p.216).

Os sistemas de operações são os procedimentos, métodos, técnicas seguidos para realizar a ação. Essas operações devem ser executadas pelos alunos e precisam apresentar um caráter de processo contínuo. A base orientadora da ação (BOA) é o que direciona a atividade para que ocorra de maneira a alcançar o produto final desejado, segundo Talizina (1988), "(...) é ela quem determina a qualidade da ação". Os meios para realizar uma atividade constituem os instrumentos utilizados como mediadores entre objeto e sujeito. As condições estão relacionadas ao contexto em que as atividades acontecem e condições do espaço físico, como, espaço, luminosidade, barulho, e etc. O último elemento que compõe a atividade é o produto, que representa o resultado final da atividade. (NUÑEZ, 2009).

Diante destas questões colocadas a partir da teoria da atividade de Leontiev, podemos observar a importância de atividades que realmente envolvam os alunos, de forma a gerar neles algum sentido pessoal ao desenvolver determinadas ações, para que através delas os alunos possam se tornar sujeitos e objeto de suas ações e possam ser transformados.

Assim esta teoria traz uma base importante na elaboração das atividades que serão propostas neste trabalho, para que não sejam realizadas apenas ações, e sim atividades com elementos motivadores que sejam capazes fazer com que a aprendizagem aconteça.

Esta teoria teve um papel importante no desenho da sequência de ensino e aprendizagem proposta neste trabalho, porque ao projetar uma sequência de

atividades sob o olhar desta teoria, podemos planejar as ações incluindo elementos importantes que podem contribuir para o sucesso da atividade e também lançar hipóteses sobre alguns resultados que esperamos alcançar através da atividade, e ao término constatar se os objetivos esperados foram de fato alcançados.

## 2.1 SEQUÊNCIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM

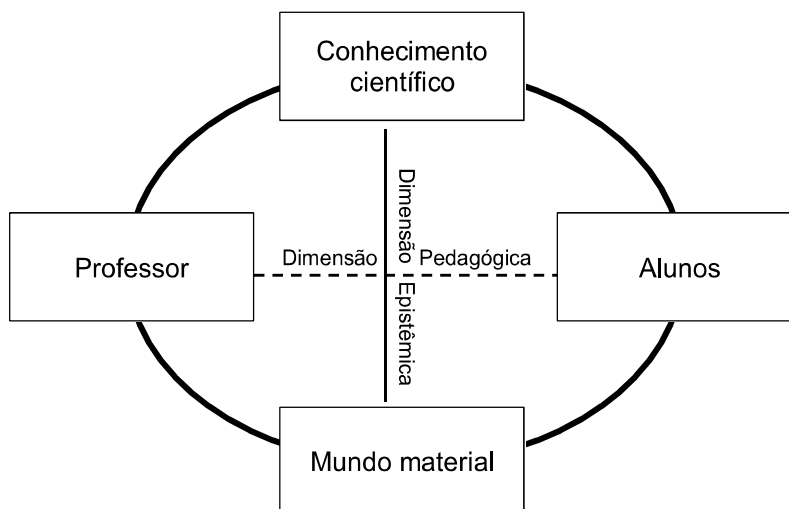
Utilizando a ideia de atividade discutida anteriormente, pretendemos estruturar uma sequência em que os passos executados compreendam as etapas da formação do conceito, de maneira organizada e continua, com o objetivo de facilitar o processo de ensino e aprendizagem.

Para basear a nossa sequência didática utilizaremos perspectiva estabelecida por Méheut (2005), na qual a autora trabalha com base na didática francesa no contexto de (*Teaching Learning sequences –TSL*).

A TSL constitui na verdade uma etapa de uma metodologia de pesquisa denominada “engenharia didática”, esta metodologia engloba a criação, aplicação, observação e a análise da TSL. Esta metodologia apresenta cinco etapas principais que consistem em análise preliminar, concepção e análise a priori, aplicação da Sequencia, análise a posteriori e validação. (GIORDIAN, GUIMARÃOES, MASSI, 2011).

A sequência didática tem por finalidade auxiliar os alunos na compreensão dos conceitos científicos, e para estruturar uma sequência na perspectiva de Méheut é necessário levar em conta quatro aspectos principais: o professor, o aluno, o conhecimento científico e o mundo material. Esses quatro aspectos estão organizados e relacionados entre si, através de duas dimensões: epistemológica e pedagógica. A dimensão epistemológica está relacionada com o conhecimento a ser trabalhado, com a gênese do conceito, e a relação do conhecimento científico com o mundo material. A dimensão pedagógica está relacionada com os aspectos de interação entre professor e aluno (Rodrigues e Ferreira, 2011). A dimensões estão organizadas em um esquema que ilustra a ideia de Méheut, como mostra a

Figura 3 a seguir.



**Figura 3. Esquema de descrição dos elementos presentes em uma TSL (MÉHEUT, 2005) fonte RODRIGUES; FERREIRA, 2011, p.4.**

Essa representação permite organizar vários elementos que podem ser levados em conta quando é construída uma sequência. O eixo vertical representa uma dimensão epistêmica, ao longo deste eixo encontram-se processos de elaboração e validação do conhecimento científico. O eixo horizontal representa a dimensão pedagógica, a qual está relacionado com o papel desempenhado pelo professor, e a forma como se dá a interação entre professor e aluno, e mais próximo da extremidade “alunos” podem ser levados em conta as interações esperadas entre os estudantes (MEHEUT, 2005).

Neste tipo de abordagem são elaboradas situações de ensino-aprendizagem nas quais são levados em conta análises anteriores do conhecimento, as dificuldades dos alunos e formas de raciocínio, para serem desenvolvidas. Trajetórias de aprendizagem são retratadas através de situações de ensino-aprendizagem, isso possibilita a validação do desenho da Sequência, comparando as trajetórias, observadas de fato, com as esperadas. (MEHEUT, 2005).

No presente trabalho as zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade serão levadas em conta na elaboração das situações de ensino-aprendizagem. Considerando que a partir delas podemos prever quais serão as dificuldades e as possíveis trajetórias de aprendizagens seguidas pelos estudantes. Tendo como objetivo principal a consolidação das ideias científicas e a tomada de

consciência das diversas formas de pensar sobre o conceito de entropia e espontaneidade.

# **CAPÍTULO 3:**

## **PERCURSO METODOLÓGICO**



### 3.1 ABORDAGEM DA PESQUISA

A pesquisa desenvolvida apresenta características de um estudo exploratório que, de acordo com Gil (2002) as pesquisas descritivas têm como finalidade principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis. São inúmeros os estudos que podem ser classificados sob este título e uma de suas características mais significativas aparece na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados. De acordo com Aaker, Kumar & Day (2004), a pesquisa descritiva, normalmente, usa dados dos levantamentos e caracteriza-se por hipóteses especulativas que não especificam relações de causalidade.

Segundo Ludke (2002), para realizar uma pesquisa é preciso promover um confronto entre os dados, as evidências, as informações coletadas sobre determinado assunto e o conhecimento teórico acumulado a respeito dele. Trata-se de construir uma porção do saber. Esse conhecimento é não só fruto da curiosidade, da inquietação, da inteligência e da atividade investigativa do pesquisador, mas também da continuação do que foi elaborado e sistematizado pelos que já trabalharam o assunto anteriormente. Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa que, tem o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento. De acordo com Bogdan & Biklen (2003), o conceito de pesquisa qualitativa envolve cinco características básicas que configuram este tipo de estudo: ambiente natural, dados descritivos, preocupação com o processo, preocupação com o significado e processo de análise indutivo.

Diante dessa perceptiva o método de análise de discurso da frente pesquisa tem como base teórica uma abordagem sociocultural da mente fundada no diálogo entre as ideias de Vygotsky e Bakhtin construído por Wertsch (Wertsch, 1985; 1991; Wertsch e Smolka, 2001) e Mortimer e Scott (2003).

O método de (WERTSCH, 1991) propõe uma abordagem sociocultural para investigação dos processos mentais humanos que tem como unidade de análise a ação mediada, em sua condição de essencialmente situada cultural, histórica e institucionalmente. Para Vygotsky (2001), todas as funções superiores têm como traço comum o fato de serem processos mediados, ou seja, de incorporarem em sua

estrutura o emprego dos signos como meio fundamental de orientação nos processos psíquicos.

Esta pesquisa foi realizada em várias etapas, desde a elaboração da sequência de ensino e aprendizagem à coleta e análise dos dados obtidos durante a investigação. Como foi colocado anteriormente, a sequência foi estruturada com base nas zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade desenvolvida a partir das ideias de Méheut (2005), buscando incluir na organização das atividades, elementos propostos por Leontiev (1978).

Para coleta de dados utilizamos gravações em vídeo, questionário, entrevista e algumas produções escritas dos alunos. Para a análise dos resultados identificamos perfis conceituais de alguns alunos, em cada momento da sequência, buscando mapear o processo de conceituação vivenciado por eles. Em seguida, sugerimos uma trajetória de aprendizagem desses alunos a partir das mudanças observadas nas zonas do perfil conceitual de cada um, analisando de que maneira as atividades provocaram mudanças no perfil. Por fim, realizamos uma entrevista com esses alunos com intuito de verificar se eles tinham consciência das mudanças ocorridas no decorrer do processo.

### **3.2 ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

No desenvolvimento da sequência de ensino nossa preocupação foi de propor atividades que favorecessem a emergência das diferentes visões sobre o conceito de entropia e espontaneidade, de forma que fosse possível observar mudanças no perfil conceitual dos alunos ao término das atividades. A participação ativa dos alunos no decorrer das aulas foi de extrema importância, bem como o papel do professor o qual é responsável por reger essas interações, o que justifica a utilização das ideias de Méheut (2005).

Para o desenvolvimento das etapas da sequência de ensino e aprendizagem foram utilizados alguns critérios estruturantes propostos por Rodrigues e Ferreira (2011) com base como mostra no Quadro 1. Critérios estruturantes organizados a partir da perspectiva da TSL. Fonte: RODRIGUES; FERREIRA (2011, p.7). Quadro 1.

DIMENSÃO	CRITÉRIOS ESTRUTURANTES	
Epistemológica	C1	Valorização das concepções prévias dos alunos e formas de elaboração conceitual
	C2	Gênese histórica do conhecimento
	C3	Aproximação entre conhecimento científico e mundo material
	C4	Identificação de lacunas de aprendizagem
	C5	Observação das trajetórias de aprendizagem
Pedagógica	C6	Exposição e discussão de ideias pelos alunos
	C7	Estratégias para superar as lacunas de aprendizagem
	C8	Interação professor-aluno / aluno-aluno

**Quadro 1. Critérios estruturantes organizados a partir da perspectiva da TSL. Fonte: RODRIGUES; FERREIRA (2011, p.7).**

Os critérios mostrados no quadro 1 nortearam a elaboração de cada etapa da sequência e a organização das atividades. O primeiro critério (C1) orientou praticamente todas as etapas da sequência, uma vez que as concepções prévias dos alunos precisam ficar evidentes na discussão em sala de aula, para que possamos trabalhar diferentes visões sobre o conceito de substância, o que consideramos importante para o processo de conceituação a ser desenvolvidos pelos alunos. O critério (C2) foi contemplado na primeira aula em que buscamos introduzir os conceitos de substância e elemento químico a partir de um texto que aborda a perspectiva histórica do conceito, entre outros, discutindo a teoria aristotélica dos quatro elementos.

A identificação das lacunas de aprendizagem (critério C4) foi contemplado durante a pesquisa realizada na literatura sobre concepções informais de substância. Trabalhos publicados sobre o tema apontam as dificuldades encontradas por professores e alunos no processo de ensino e aprendizagem deste conceito. O perfil conceitual de substância foi proposto com base em pesquisas sobre o conceito, e a sua utilização contribui também para que lacunas de aprendizagem sejam abordadas nas aulas.

Consideramos que ao analisar o processo de conceituação podemos identificar trajetórias de aprendizagem (critério C5) percorridas pelos alunos. Aqui estamos considerando que essas trajetórias podem ser caracterizadas pelas mudanças no perfil conceitual apresentado pelos alunos, em diferentes momentos da Sequência.

Pretendemos organizar as aulas da sequência de ensino de maneira a proporcionar a exposição e discussão de ideias pelos alunos, o que é estabelecido no sexto critério (C6). Este ponto é importante neste trabalho uma vez que buscamos identificar zonas do perfil conceitual que emergem na fala dos alunos a partir das interações discursivas promovidas em sala de aula. Sem a participação e exposição das ideias dos alunos não seria possível alcançar esse objetivo e, dessa forma, seria difícil avaliar o aproveitamento obtido a partir da sequência de ensino.

Em cada aula proposta foram usados diferentes recursos e estratégias que pudessem promover o surgimento das diferentes visões que os alunos podem apresentar sobre o conceito, uma vez que nem sempre uma única estratégia consegue envolver o aluno a ponto de fazê-lo expressar um conjunto de ideias sobre o que está sendo trabalhado. Consideramos que abordar um conceito de maneiras diversificadas pode ampliar a compreensão do aluno sobre as suas diferentes dimensões e sentidos.

Durante o desenvolvimento da sequência, as interações professor-aluno e aluno-aluno são fundamentais. O professor deve promover essas interações ao conduzir as aulas na direção dos objetivos de aprendizagem que espera alcançar. Neste trabalho, foi importante o fato de a professora ter conhecimento prévio sobre a teoria do perfil conceitual e as zonas propostas para o conceito de entropia e espontaneidade, abordado durante o desenvolvimento da sequência. Com isso, ela pode levantar questionamentos e promover o debate em sala a partir de diferentes visões sobre o conceito de entropia e espontaneidade, buscando esclarecer sobre os sentidos que elas podem ganhar em contextos diversos, e destacando a visão científica do conceito entre elas.

### 3.3 ETAPAS DA SEQUÊNCIA DE ENSINO

Foi desenvolvida uma pesquisa ação, que para Elliot (1991), o objetivo fundamental da pesquisa-ação é melhorar a prática e a partir dela, gerar conhecimentos, cuja produção e utilização são subordinadas a esse objetivo. Esse processo acontece em grupos, nos quais as pessoas partilham seus valores visando modificar as circunstâncias em que se encontram, bem como a si próprias.

A sequência de ensino foi dividida em três momentos, com duração de aproximadamente 60 minutos cada um, com exceção do primeiro que durou o dobro do tempo. Para trabalhar os conceitos de entropia e espontaneidade.

Para que seja possível obter uma visão mais geral do processo todas as atividades desenvolvidas no decorrer da sequência foram organizadas em uma tabela com um resumo esquemático como mostra no quadro 2.

<b>ETAPAS DA APLICAÇÃO DA PROPOSTA</b>	<b>ATIVIDADES A SEREM REALIZADAS</b>	<b>OBJETIVOS E ATIVIDADES</b>
1º momento (01 aula/45 min)  Levantamento das Concepções Prévias	Aplicação de um pré-teste, contendo questões objetivas e subjetivas no qual os estudantes expressam suas ideias sobre entropia e espontaneidade.	O objetivo central de tal atividade é mapear os conceitos intuitivos dos alunos.
2º momento (02 aulas/90 minutos)  “Processos irreversíveis e leis da termodinâmica”	Leitura de um texto “Processos irreversíveis e leis da termodinâmica”. Ao longo do texto, serão inseridas perguntas para a discussão em grupo.	Verificar o significado dado pelos alunos às informações recebidas.
3º momento (02 aulas/90 minutos)  Laboratório de Informática: Simulação computacional Entropia e Desordem	Simulação computacional que permite relacionar e aplicar conhecimentos dos conceitos de entropia	Utilizar a simulação digital como um recurso pedagógico útil para o ensino de entropia

**Quadro 2.** Proposta Didática para o ensino dos Conceitos de Entropia e Espontaneidade

### 3.4 LOCAL DA PESQUISA E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A instituição de ensino onde a pesquisa foi realizada é uma escola de rede pública de ensino médio, que é localizada na cidade de Patos-PB. Município do interior do estado da Paraíba, que dista 315 Km da capital, João Pessoa-PB. A pesquisa foi aplicada ao quantitativo de 30 (trinta) estudantes do terceiro ano do ensino médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dr. Dionísio da Costa.

Os instrumentos para a coleta dos dados da sequência de ensino são necessários para promover a clareza e precisão na elaboração do texto final da pesquisa, é essencial que os dados sejam coletados e registrados de forma fiel aos acontecimentos. Para isso, os instrumentos utilizados nesta pesquisa são diários de campo e Questionários. Depois será feito a transcrição e em seguida a análise. Para a categorização dos dados obtidos na sequência didática será desenvolvida a partir de uma estrutura analítica proposta por Mortimer e Scott (2002, 2003) e da utilização do perfil conceitual (Mortimer 1995, 2000, 2001) como instrumento de caracterização da heterogeneidade das ideias durante o desenvolvimento da sequência didática. O discurso produzido durante os momentos da sequência didática é estruturado a partir de três diferentes dimensões: o foco de ensino, a abordagem e as ações. Dentre elas podemos considerar: a narrativa científica, a exposição empírica e a exposição matemática. No 2º e 3º momento será analisada a narrativa científica, onde o conteúdo é apresentado como parte de uma história que está sendo construída progressivamente no andamento das aulas. Em geral, o momento no qual são feitas narrativas ocorre dentro do objetivo de criar elos entre os conteúdos estudados (revisão) e aqueles que serão apresentados. No 3º momento será avaliada a exposição empírica em que está associada a um discurso construído na apresentação do conteúdo feita a partir de uma atividade experimental de demonstração.

Em seguida, os dados serão expostos em zonas de perfil conceitual na qual são utilizadas para identificar diferentes formas de pensar os conceitos de entropia e espontaneidade, conforme o Quadro 3 a seguir.

**A zona perceptivo-indutiva (ZP/I)** corresponde às ideias que surgem das impressões imediatas, das sensações e intuições, que não são relativizadas pela consideração das condições em que o processo ocorre (Amaral e Mortimer, 2006).

**A zona empírica (ZE)** refere-se às ideias que levam em consideração as condições termodinâmicas do sistema, como temperatura e pressão, ou carregam expressões que se julga estarem relacionadas a essas condições.

**Na zona formalista (ZF)** devem estar presentes as relações matemáticas puras - como as expressões de trabalho reversível e irreversível - sem que estas estejam integradas aos conhecimentos conceituais

**A zona racionalista (ZR)** compreende conhecimentos integrados de significados conceituais e de formalismos, sendo por isso considerada de maior complexidade cognitiva. Para estar associado a esta zona, o conceito de reversibilidade deve ser pensado como uma condição possível dos sistemas, analisada sob os aspectos macro e microscópicos, não apenas de um sistema isolado, mas a partir de uma visão universal.

**Quadro 3.** Caracterização epistemológica das zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade.

### 3.5 DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO

#### 3.5.1 Primeiro momento: Levantamento das Concepções Prévias

Neste momento é trabalhado um questionário para levantar as concepções dos estudantes. O roteiro das questões objetiva conhecer as seguintes noções: 1) O sentido em que ocorre um processo espontâneo, através das questões 1, 3 e 5; 2) A impossibilidade de reversão espontânea após a ocorrência de um processo espontâneo, através das questões 2, 4 e 6, conforme APÊNDICE A.

#### 3.5.2 Segundo momento: Aula prática - “Entropia: a rota para a desordem”

Neste momento é desenvolvida uma atividade prática com os estudantes, afim de abordar mais diretamente a relação do conceito de entropia com o aumento da desordem em processos espontâneos.

Primeiramente, separa-se 20 unidades de cada cor de feijão. Em seguida, os feijões são colocados em duas caixas de fósforos. Para tanto, é feita uma abertura no meio das duas caixas, como mostra a Figura 1, permitindo a passagem dos feijões.

Inicialmente, coloque os vinte feijões marrons numa gaveta, deixando a outra vazia, como mostra a Figura 1. Podemos ver na figura acima que os feijões estão em ordem, ou seja, todos os feijões estão dispostos em uma só gaveta. Dessa forma, podemos dizer que a entropia do sistema é pequena. Agora feche as gavetas com as caixas correspondentes e agite o conjunto. Ao realizar a atividade é importante que a caixa de fósforos esteja sobre uma mesa, de forma que a caixa não se incline para que a simetria do sistema não seja alterada. A Figura 1 a seguir expressa a simulação da forma como deve ser feita a agitação térmica da caixa de fósforos sobre a mesa. As setas vermelhas indicam as direções nas quais o movimento deve ser realizado.

Em seguida, abra as caixas de fósforos e veja como ficou a distribuição dos feijões dentro das caixas. Sendo questionado aos alunos se é a mesma? Se mudou?

Agitando um pouco mais e observando, e repetindo o procedimento várias vezes. O que acontece com a entropia do sistema? Caso se agite mais vigorosamente, o que acontece? O que significa, em física, “agitar mais vigorosamente”? Se você aumentar ou diminuir a abertura entre as caixinhas, ou fizer a substituição dos feijões por grãos menores, como por exemplo, lentilhas, o que ocorrerá? Qual o significado físico dessas alterações?

Num momento seguinte, distribuiu-se 20 feijões-pretos de um lado e 20 feijões marrons de outro lado.

Todo o processo foi repetido como anteriormente e os mesmos questionamentos foram ressaltados. Na Conclusão, foi verificado se as observações dos alunos estão de acordo com o enunciado de Boltzmann da 2ª lei da termodinâmica? E após amplo debate, eles expressaram se a entropia do sistema variou? Se houve equilíbrio térmico?



### 3.5.3 Questões norteadoras das discussões

Imagine um mundo onde os processos naturais tendessem a um estado de maior organização. Suponhamos: se você deixasse seu quarto bagunçado pela manhã e à noite o encontrasse organizado; atirando para o ar um punhado de pedras, estas cairiam formando um montinho, ao invés de ficarem espalhadas. Como seria viver nesse mundo? É possível imaginar outros exemplos?

Assim, após pequena exposição sobre o caráter intrínseco da entropia, foi solicitado aos grupos, por escrito, todas as suas respostas. Ao final de cada uma dessas aulas, os grupos relataram brevemente suas conclusões para toda a classe.

### 3.5.4 Terceiro momento: Descrição do módulo digital: “Entropia e Desordem”

O demônio de Maxwell é um experimento pensado pelo renomado físico James Clerk Maxwell que quer demonstrar um método de entropia diminuindo, que assim violaria a Segunda Lei da Termodinâmica. Se um demônio hipotético estivesse separando todas as partículas rápidas de um lado e as partículas lentas de outro, usando uma porta (mas não realizando trabalho) então a entropia diminuiria enquanto a diferença entre os lados aumenta como é possível ver na Figura 4. Os módulos interativos foram programados para a WWW, em *Flash* ou em *Java*, mas podem correr localmente. Em qualquer circunstância carecem de um vulgar *plugin* de *Flash* (*Flash Player 7*) ou de uma Máquina Virtual de Java (Java V.M.), incluídos no CD--ROM. Ao clicar no ícone: Demônio de Maxwell, da página de entrada "Entropia e Desordem".

Segundo Santos (1991): "As concepções alternativas, têm um papel constitutivo no ato de conhecer, não desaparecem facilmente, são muito diversas do conceito científico. Porém, ainda que ingênuas, são condição necessária para o progresso da razão."

Com o estudo das concepções alternativas procura-se compreender o modo como os alunos explicam fenômenos/situações e considerar as implicações decorrentes para a aprendizagem e ensino das Ciências.

As concepções alternativas apresentam várias características: são pessoais (dependem de indivíduo para indivíduo); têm carácter universal (várias culturas e vários países); há consistência revelada durante a execução de diferentes tarefas (as ideias acerca do tema permanecem apesar das situações pelas quais são confrontados); podem ser estáveis há um número limitado acerca de cada tópico (aspectos comuns a alunos de vários anos de escolaridade).

No modelo de ensino-aprendizagem construtivista o professor valoriza o papel activo do aluno na construção do seu próprio conhecimento, considerando as suas concepções alternativas. Segundo esse modelo "a atividade não se limita a simples operações de adição ou de subtração de informações aos conhecimentos existentes. É muito mais complexa. São os próprios alunos que constroem (reconstroem) os conhecimentos e os instrumentos para adquiri-los. É a sua actividade que permite organizar (reorganizar) os conhecimentos em esquemas, cada um com a sua estrutura própria" (SANTOS, 1989).



**Figura 4.** Imagem de Entrada da Simulação Computacional "Demônio de Maxwell"

A referida simulação se encontra na página "ludoteca" da Universidade de São Paulo, disponível em: <http://www.laborciencia.com.br/interage/entropia.htm> e constitui uma importante ferramenta, sob a forma de tutorial, para o entendimento da ideia de entropia.

### 3.5.5 Perguntas para discussão em grupo referentes à Simulação

As perguntas para a discussão em grupo referentes à simulação "Demônio de Maxwell" foram as seguintes: 1) Qual é o papel do "Demônio de Maxwell"? 2) O que pode concluir após ter utilizado o módulo 2 "Espontaneidade de Reações Químicas e a Segunda Lei da Termodinâmica"? 3) Quando é que uma reação química é espontânea? 4) Uma reação endotérmica pode ser espontânea? Explique.

# **CAPÍTULO 4:**

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

As atividades foram preparadas de acordo com os pontos já mencionados anteriormente e serão retomados durante a descrição das mesmas. Desse modo, estaremos, a partir de agora, apresentando os elementos utilizados para a tomada de dados.

#### **4.1 RESULTADOS DO PRIMEIRO MOMENTO**

Iniciamos a primeira aula com a aplicação do questionário (segue abaixo) que levantou as concepções prévias dos estudantes. O roteiro das questões foi por nós elaborado tendo em vista o nosso objetivo de conhecer as noções dos alunos sobre:

1. O sentido em que ocorre um processo espontâneo, através das questões 1, 3 e 5.
2. A impossibilidade de reversão espontânea após a ocorrência de um processo espontâneo, através das questões 2, 4 e 6.

Este questionário tem o objetivo de entender como você pensa certas ideias. Ele não será usado para avaliação. Procure respondê-lo com suas palavras. Você estará nos ajudando a melhorar o ensino. Muito obrigado!

Número	Questão 1: Resposta	Zona do Perfil Conceitual
1	<i>“A barra que estiver mais quente passará calor para a barra que estiver mais fria, igualando a temperatura”.</i>	Racionalista
2	<i>“Elas vão trocar energia (referindo-se às barras) em forma de calor e vão se estabilizar ficando à mesma temperatura”.</i>	Substancialista
3	<i>“As duas barras ficaram com o mesmo calor”</i>	Racionalista
4	<i>“A barra onde a temperatura é maior vai passar o calor onde a temperatura é menor”</i>	Racionalista
5	<i>“As duas barras ao longo do tempo irão permanecer com a mesma temperatura”</i>	Generalista
6	<i>“Acho que as barras de aço devem sofrer transformações, pois as temperaturas estão bem diferentes.”</i>	Substancialista
7	<i>“Elas (as barras) entortam, pois a diferença de temperatura entre elas causa um choque térmico”</i>	Generalista
8	<i>“As duas barras irão ter a mesma temperatura após um tempo”.</i>	Generalista

**Quadro 4.** Questão 1: Duas barras de aço a temperaturas diferentes 20°C e 100°C, são colocadas em contato. O que se verifica após certo tempo? Explique.

De acordo com o quadro 4, é possível perceber que a maioria das respostas dos alunos se enquadra na zona racionalista. Consideramos que isso pode ser justificado pelo fato de que os alunos já tiveram contato com o conceito de entropia e espontaneidade anteriormente, e também pelo fato de serem ideias que circulam nos livros didáticos ou no discurso do professor.

Número	Questão 2: Resposta	Zona do Perfil Conceitual
1	<i>“Não, pois as duas (referindo-se às canecas com água após o equilíbrio térmico) sempre estarão a mesma temperatura mesmo ela subindo ou diminuindo”.</i>	Generalista
2	<i>Não, pois acho que a temperatura tende a cair e não a voltar a temperatura anterior” (referindo-se às canecas com água).</i>	Racionalista
3	<i>Não, pois antes uma estava quente e a outra fria (no caso das canecas com água); ao entrarem em contato a que estava fria fez com que o quente esfriasse e vice-versa; Se fizesse o inverso não alterariam pois as temperaturas de ambas estariam iguais e não seria possível esfriar ou esquentar”.</i>	Generalista
4	<i>Não, acho que as temperaturas tendem a cair” (referindo-se às canecas com água).</i>	Generalista
5	<i>“Não. Porque se a temperatura modificou por causa de um certo elemento, ela não voltará à mesma temperatura” (respondendo negativamente à possibilidade das canecas com água agora em equilíbrio térmico voltarem espontaneamente às temperaturas iniciais de 80°C e 20°C).</i>	Racionalista
6	<i>“Eu acho que automaticamente não. Precisar ser aquecido novamente” (canecas de água).</i>	Generalista
7	<i>Referindo-se às canecas com água – “Acredito que não porque elas estabilizaram nesta temperatura; seria difícil voltar à temperatura anterior, a menos que uma delas fosse aquecida novamente”.</i>	Generalista
8	<i>“Não. Só voltarão a ter as temperaturas iniciais ao meu ver, se forem separadas e uma delas for aquecida novamente” (no caso das canecas com água)</i>	Generalista

**Quadro 5.** Questão 2: Têm duas canecas de alumínio ligadas e revestidas com isopor, uma com 1 litro de água a uma temperatura de 80°C e outra, também com 1 litro de água a uma temperatura de 20°C. Encostando uma na outra, verifica-se que após certo tempo, ambas encontram-se a uma temperatura média de 50°C. De acordo com o enunciado acima, você acredita que o processo inverso possa ocorrer espontaneamente, ou seja, que as massas de água, ambas agora a 50°C, voltem às temperaturas que anteriormente eram de 80°C e 20°C? Justifique.

Número	Questão 1- Resposta	Zona do Perfil Conceitual
1	<i>“Essas partículas (no caso do gás confinado) irão se juntar e ficarão em tipo de um montinho”.</i>	Generalista
2	<i>As partículas irão se juntar e ficarão em tipo de um montinho”</i>	Racionalista
3	<i>“O gás se espalha por todo o recipiente (imediatamente após a retirada da separação); ao entrar em contato com o ar (refere-se 1 minuto após) o gás diminui”.</i>	Generalista
4	<i>As partículas estavam bem unidas; as partículas estão meio separadas, caminhando para uma nova junção; as partículas voltam a se juntar, tomando conta da caixa”.</i>	Generalista
5	<i>O gás vai se espalhando de uma forma geral para todo o recipiente</i>	Generalista
6	<i>Com o tempo o gás se espalha por todo o recipiente</i>	Substancialista
7	<i>Não há dúvida, todo o gás vai se espalhar por todo o recipiente</i>	Generalista
8	<i>Com o decorrer com tempo as partículas estavam bem unidas e com um decorrer do tempo as partículas vão se juntando</i>	Generalista
9	<i>Com o tempo as partículas vão se juntando</i>	Generalista
10	<i>De uma forma uniforme as particular vão se juntando</i>	Generalista
11	<i>“Essas partículas irão se juntar e ficarão em tipo de um montinho”.</i>	Generalista

**Quadro 6.** Questão 3: Na caixa abaixo, de um lado, há um gás e do outro foi retirado tudo que havia, produzindo vácuo. Se retirarmos a separação, o que irá acontecer com as moléculas do gás? Faça desenhos representativos nos espaços abaixo, mostrando como as partículas do gás estavam antes, imediatamente após termos removido a separação e depois de um minuto. Explique com suas palavras o que significam os seus desenhos.

De acordo com o gráfico 6, é possível perceber que a maioria dos alunos emergiram na zona conceitual Generalista isso na qual o conceito de entropia e espontaneidade é comparada como o conceito de substancias.



Número	Questão 4: Resposta	Zona do Perfil Conceitual
1	<i>Sim” (referindo-se à possibilidade das moléculas do gás voltarem a se concentrar espontaneamente em um dos lados do recipiente).</i>	Substancialista
2	<i>Não. Apenas se alguma pressão for feita dentro da caixa” (moléculas do gás na caixa).</i>	Racionalista
3	<i>Não. Porque elas só irão se concentrar (moléculas do gás espalhado) caso seja aplicada a elas alguma ação”.</i>	Generalista
4	<i>Não, não é possível porque já houve a remoção da separação” (referindo-se ao gás espalhado pela caixa)</i>	Racionalista
5	<i>“Sim, pois elas podem se movimentar e se agrupar em um único espaço” (no caso da possibilidade do gás espalhado por todo o volume da caixa espontaneamente voltar a se concentrar em um único lado do recipiente).</i>	Racionalista
6	<i>Sim, (referindo-se à possibilidade de que as moléculas espalhadas pela caixa, voltem espontaneamente para um dos cantos) elas podem se concentrar na parede da caixa depois de um tempo em contato com o ar”.</i>	Racionalista
7	<i>“Sim” (referindo-se à possibilidade das moléculas do gás voltarem a se concentrar espontaneamente em um dos lados do recipiente)</i>	Substancialista

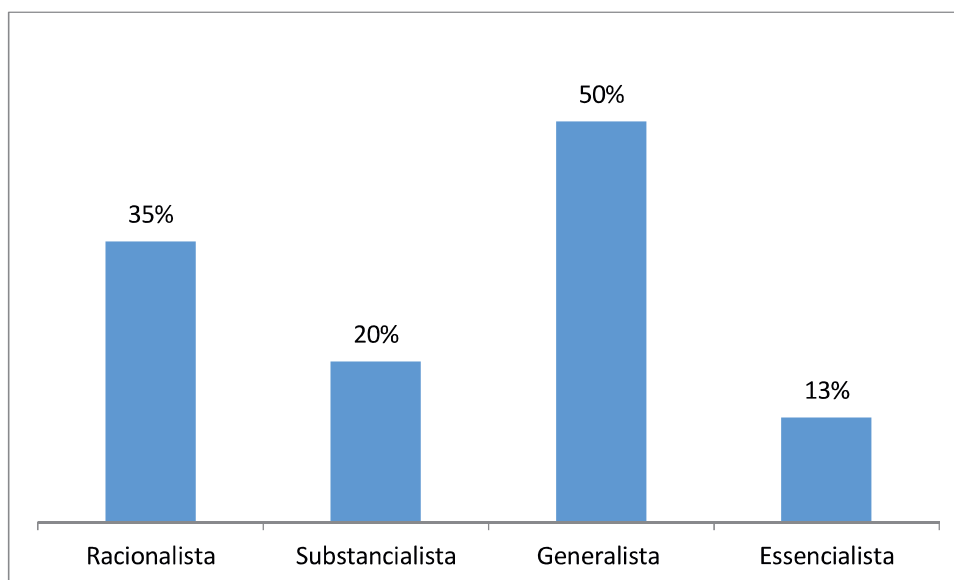
**Quadro 7.** Questão 4: Considerando que as moléculas de um certo gás ocupam todo o volume da caixa abaixo, é possível que elas espontaneamente se concentrem todas de um único lado do recipiente como na situação descrita no item anterior? Explique.

De acordo com o quadro 7 é possível perceber que a zona mais emergente foi a racionalista onde os alunos expressam um pensamento mais sistematizado prevalecendo um rigor mais científico.

Número	Questão 5: Resposta	Zona do Perfil Conceitual
1	<i>“Penso que o terreno sendo grande, cercado e abandonado, sem a intervenção de seres humanos ou de outros animais, continuará intacto com o passar do tempo, apenas mudará algumas aparentes características”.</i>	Generalista
2	<i>“Começa a crescer mato (no caso do terreno com o monte de areia), o vento começa a espalhar a areia”.</i>	Substancialista
3	<i>“Esse monte (de areia) poderá ser desfeito pelas rajadas de ventos”.</i>	Racionalista
4	<i>“Esse monte de areia vai se espalhando com a ação da chuva e ventos”.</i>	Substancialista
5	<i>“Penso que o terreno sendo grande, cercado e abandonado, sem a intervenção de seres humanos ou de outros animais, continuará intacto com o passar do tempo, apenas mudará algumas aparentes características”.</i>	Substancialista

**Quadro 8.** Imagine que em um terreno grande, cercado e abandonado, há um monte de areia. Com o passar do tempo, mesmo sem a intervenção de seres humanos ou mesmo de outros animais, o que você espera que aconteça? Explique.

De acordo com o quadro 8 é possível perceber que a zona que mais emergiu foi a substancialista. A zona substancialista representa uma interfase entre o modo de falar e de pensar não científico.



**Figura 5.** Emergência de zonas do perfil conceitual que emergiram no questionário.

Podemos verificar na figura 5, que a maior parte das ideias colocadas pelos alunos podem ser enquadradas nas zonas racionalista ou generalista do perfil. De alguma forma isso era esperado, pois por ser a primeira aula sobre o assunto no ano corrente, seria natural que ideias mais gerais e intuitivas sobre o conceito emergissem fortemente. No entanto, uma vez que os alunos já tinham tido contato com a visão científica do conceito no ano anterior, era esperado que os alunos apresentassem também ideias mais elaboradas, ao ser retomada a discussão sobre substância. Em alguns momentos, foi possível observar visões essencialistas e substancialistas nas falas dos alunos.

Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos e para situar os momentos nos quais algumas das ideias emergiram na fala dos alunos, fizemos alguns recortes das transcrições realizadas em cada aula e iremos discutir como a classificação dos modos de falar foi realizada, para cada uma das zonas do perfil conceitual.

#### **4.1.1 Zona Generalista**

O Comentário 1 corresponde ao momento no qual os alunos discutiam algumas questões colocadas pela professora, após a realização da atividade 1 – a leitura do texto. Os alunos trabalhavam em pequenos grupos e foi solicitado pela professora que eles discutissem algumas questões como: “Hoje em dia existe o

conceito de elemento tal como colocado no tempo de Aristóteles? ". Você concorda com algumas das ideias defendidas por Aristóteles sobre a composição da matéria. Destacamos que nesta situação a professora deixou os alunos discutirem livremente em seus grupos, intervindo apenas quando achava necessário. Neste momento há a valorização das interações entre aluno-aluno com o objetivo de promover a colocação das ideias de maneira mais espontânea.

### **Comentário 1**

*Professora: Para você o que mudou sobre o conceito de entropia e espontaneidade?*

*Marcos: a gente descobriu que elemento químico é como se fosse entropia e espontaneidade*

*Maria: hoje em dia o elemento é constituído por átomos*

*Marcos: hoje em dia elemento é como se fosse o átomo da matéria*

*Maria: antes ele era entropia e espontaneidade o elemento)*

*Marcos: ele era fogo, terra, ar...*

*Maria: então! Eles eram entropia e espontaneidade!*

*Marcos: é eles eram entropia e espontaneidade de hoje em dia!*

*Maria: entropia e espontaneidade?*

*Marcos: hoje em dia é o conjunto de elementos.*

Podemos observar na discussão dos alunos, no comentário 1, que eles compreendem que os elementos químicos atualmente são considerados a partir da ideia de átomos, e que antes a visão que se tinha era de quatro elementos que constituíam toda a matéria. Isso parece indicar uma tomada de consciência de que os modelos explicativos sobre a matéria se modificaram ao longo da história. Araújo, Silva e Tunes (1994) argumentam que a maioria dos livros didáticos ainda apresenta definições aristotélicas de substância e destacam a importância em evidenciar os problemas que aparecem ao se trabalhar com estas visões.

No entanto, as falas dos alunos não apresentam evidências de que eles tenham uma compreensão aprofundada sobre o que estão chamando de elemento químico ("é como se fosse o átomo da substância" – aluno 10). Não podemos considerar que eles apresentem uma visão racionalista do conceito, ainda que percebam a sua dimensão microscópica. Isso também foi constatado por Silva (2011) e nas respostas ao questionário, analisadas no item anterior. Os alunos parecem não ter bem estabelecida uma ideia de como os materiais são constituídos por substâncias e estas por elementos químicos, e não conseguem diferenciar, átomo, elemento, substância, nas suas falas. Dessa forma, ainda que tenham expressado os termos elementos químicos e átomos nas suas falas, consideramos

que os alunos apresentam ideias representativas da zona generalista do perfil, no Comentário 2.

**Marcos** - *“Penso que o terreno sendo grande, cercado e abandonado, sem a intervenção de seres humanos ou de outros animais, continuará intacto com o passar do tempo, apenas mudará algumas aparentes características”.*

No Comentário 2, é mostrado o trecho de uma discussão feita com toda a turma, durante a utilização da simulação digital, quando a professora faz intervenções com a intenção de conduzir as falas dos alunos no sentido das ideias científicas.

Classificamos alguns desses modos de falar como generalistas, considerando que os alunos não diferenciam substância, elemento e mistura, demonstrando dificuldade na compreensão de aspectos microscópicos e macroscópicos do conceito. No entanto, nesse caso, podemos perceber um avanço nas formas de argumentação, que parecem mais elaboradas do que aquelas apresentadas no Comentário 1. Podemos considerar que nas interações discursivas, os alunos parecem estar buscando os significados para ideias, criando suas trajetórias próprias em um processo de conceituação (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2012).

#### **4.1.2 Zona Essencialista**

A seguir colocamos um trecho que exemplifica um momento no qual modos de falar dos alunos foram caracterizados como representativos da zona essencialista do perfil. O Comentário 3 foi retirado do mesmo momento considerado para o comentário 1, quando os alunos discutiam em pequenos grupos as questões colocadas pela professora, tomando por base o texto histórico sobre a visão aristotélica de substância.

#### **Comentário 3**

*Professora: Para você o que mudou sobre o conceito de entropia e espontaneidade?*

*José: o que mudou? Agora eu já sei o que é!*

*José: elemento químico é o átomo*

*Rafaela: o que era antes era tipo água...(inaudível)*  
*Laura: antes os elementos eram terra, fogo, água e ar e agora os elementos são os átomos.*  
*José: e agora os elementos químicos são os átomos*  
*Rafaela:: tecnicamente são os átomos*  
*Laura: é tecnicamente ou não?*  
*Rafaela: é tecnicamente!*  
*José: tecnicamente não*  
*Rafaela: é então vai!*  
*José: e se não for tecnicamente?*  
*Rafaela: é exatamente!*  
*José: então é átomo*  
*Laura: então é praticamente o átomo?*  
*José: ele é átomo! é tudo feito de átomo*  
*Laura: os elementos químicos são o que é essencial, elemento é o que é essec...não sei.*  
*José: Elementos químicos são átomos*  
*Laura: que são essenciais*  
*José: Já as substâncias são a união dos átomos*

No Comentário 3, quando a aluna Laura diz: “os elementos químicos são o que é essencial” é possível observar de maneira bem evidente uma visão essencialista para esse conceito, uma vez que ela usa a ideia de elemento no sentido de “essência”. Neste caso o que está sendo relacionado à essência é o elemento químico, mas interpretamos que isso pode ser estendido à substância uma vez que os alunos em geral consideram que as substâncias sejam constituídas de elementos.

#### **4.1.3 Zona racionalista**

podemos observar que ideias representativas da zona racionalista emergiram na fala dos alunos com uma frequência próxima das ideias enquadradas em uma visão generalista, na aula 1. Utilizamos o trecho mostrado no comentário 4 para ilustrar um dos momentos no qual essas falas emergiram.

#### **Comentário 4**

*Professora: Qual a diferença entre entropia e espontaneidade?*  
*José: porque a água é feita de dois átomos diferentes*  
*Carlos: Porque a molécula de água tem três átomos e o oxigênio tem dois*  
*Gabriela: é um conjunto de moléculas e elementos diferentes*  
*Professora: quais são os elementos que constituem a água?*  
*José: Hidrogênio e Oxigênio*

No Comentário 4, os alunos Bernardes, João e Carlos expressam modos de falar um pouco mais elaborados que sugerem uma compreensão de Entropia e Espontaneidade nos seus aspectos microscópicos, e fica claro que alguns alunos diferenciam os conceitos de átomo, de elemento, e de molécula. O aluno Carlos reconhece que a água é constituída por três átomos e o oxigênio por dois, e a aluna Gabriela complementa indicando que a água apresenta dois “tipos” de átomos diferentes, enquanto que o oxigênio apenas um. No final do e do Comentário observamos que o aluno José reconhece os tipos de elemento químico que compõem a água e os identifica. Esses modos de falar podem ser inseridos na zona racionalista do perfil, uma vez que apontam para uma compreensão da substância nos seus aspectos microscópicos.

#### 4.1.4 Zona Substancialista

##### Comentário 5

*Lucas - Sim, (referindo-se à possibilidade de que as moléculas espalhadas pela caixa voltem espontaneamente para um dos cantos) elas podem se concentrar na parede da caixa depois de um tempo em contato com o ar.*

Conseguimos verificar alguns modos de falar representativos da zona substancialista do perfil, ainda que eles sejam menos frequentes nas falas dos alunos do que as visões generalista e racionalista. No comentário 5, é apresentada parte de uma discussão realizada no grande grupo, após a leitura do texto, que trouxe uma visão histórica do conceito de entropia e espontaneidade.

Observamos nas interações mostradas no comentário 5 que a discussão sobre o que as moléculas espalhadas pela caixa voltem espontaneamente para um dos cantos) elas podem se concentrar na parede da caixa depois de um tempo em contato com o ar. Classificamos esta visão como substancialista uma vez que ela demonstrou naquele momento uma dificuldade de abstração e não conseguiu distinguir características macroscópicas daquelas microscópicas para falar sobre a

substância. Entendemos que ela pode estar atribuindo à menor parte da água o que observamos macroscopicamente – uma gota.

A ideia apresentada pela aluna se assemelha com o que Mortimer (1996) explica ao propor as zonas do perfil conceitual de molécula, no qual um dos modos de pensar que caracteriza a zona substancialista é o pensamento Aristotélico dos *Minima naturalia*: “De acordo com Aristóteles, as menores partículas de um dado tipo de matéria seriam todas idênticas, pois elas são determinadas pela natureza específica da substância em questão” (p. 203). No caso de Laura, parece-nos que essa parte seria visível e representada pela gota de água. É interessante ressaltar a proximidade entre esses dois perfis conceituais propostos na literatura: o de substância e o de molécula.

## 4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO SEGUNDO MOMENTO

Texto tratou a entropia como sendo uma “medida de desordem” associada aos processos irreversíveis e como essa grandeza se associa à Segunda Lei da Termodinâmica (ANEXO B). Foi possível também chamar a atenção nesses textos, para a necessidade de preservação dos recursos energéticos, uma vez que embora a energia se conservasse, aquela que é convertida em calor, torna-se inaproveitável. No momento em que os estudantes tomam contato com os termos e conceitos científicos que aparecem nos textos, a ideia era que ocorresse uma insatisfação com as noções apresentadas por eles na primeira fase dos trabalhos, pois esta atitude seria indicativa de algum progresso que esses alunos começam a fazer na construção de novas formulações.

Nesses dois encontros, (2 horas/aula no total), a atividade de leitura e discussão dos textos, também ocorreu em pequenos grupos. É importante notar que esses debates não foram deixados “ao acaso”, mas ao final de cada leitura, foram propostas duas questões semiabertas onde os estudantes poderiam, com base na reflexão proporcionada pelos textos, estabelecer pontes entre esses conteúdos e aqueles necessários para se responder às questões sugeridas.

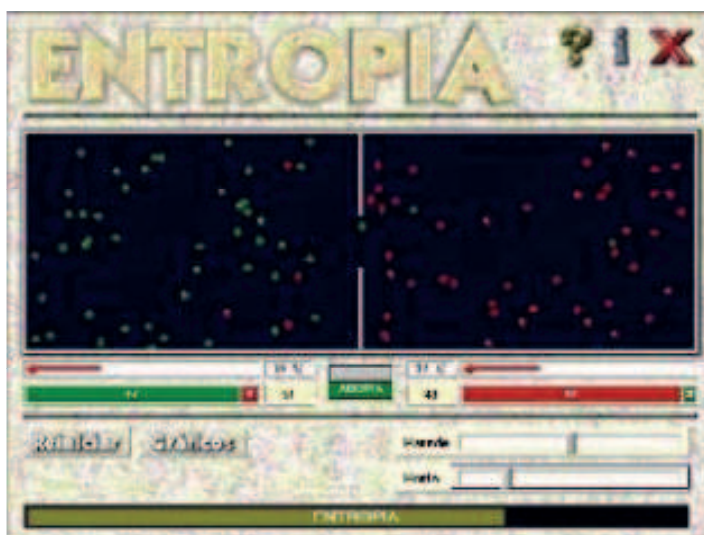
Finalmente, procuramos avaliar individualmente as concepções dos estudantes, mais uma vez, através de questionário semiestruturado a fim de



verificarmos se houve ou não alguma evolução das suas ideias prévias em relação ao conceito de entropia.

### 4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO TERCEIRO MOMENTO

Esta simulação apresenta um sistema de partículas em movimento aleatório, que estão em dois meios, separados por uma parede e uma porta. Permite que se veja facilmente o conceito de equilíbrio térmico e entropia. Neste processo a entropia cresce, e isso verifica-se através de um “entropímetro” na parte inferior da tela. Esta simulação faz parte de um conjunto vasto de simulações computacionais da página “Laborciência - Tecnologia Educacional”, do Brasil.



**Figura 6.** Imagem da simulação computacional on-line.

Através da análise de dados como os da entrevista foi possível recolher informações acerca das causas de algumas dificuldades dos alunos, obter opiniões e testar a hipótese apresentada.

É importante que neste momento se avalie a aprendizagem que ocorreu, se a utilização de módulos digitais é um recurso pedagógico útil na compreensão da segunda Lei da Termodinâmica ou não.

De uma forma geral, durante a entrevista a maior parte dos alunos já evidenciava ter as bases do conhecimento acerca dos conceitos relacionados com a

segunda Lei da Termodinâmica. A partir desse momento teria de existir uma consolidação desses conhecimentos, com mais uma aula para tirar dúvidas ao professor e através do estudo por parte do aluno. Os alunos durante a entrevista referiram isso mesmo: "nós tivemos pouco tempo para assimilar os conhecimentos." (AB).

Os alunos que foram entrevistados, como já foi referido, não eram alunos da investigadora. Após esta aula, os alunos tiveram a última aula do ano letivo com a professora da turma. Nessa aula a professora fez um resumo dos aspectos mais importantes acerca da segunda Lei da Termodinâmica e esclareceu as dúvidas aos alunos.

Esta professora tem duas turmas de 12º ano de escolaridade, esta que foi sujeita a este estudo e outra que foi sujeita a uma abordagem tradicional. Após a leccionação dessas aulas a investigadora requereu à professora da turma uma opinião acerca da forma como os alunos compreenderam este tema segundo as duas abordagens distintas. A opinião da professora é transcrita a seguir: "Durante a aula os alunos que foram sujeitos ao estudo evidenciaram perceber muito bem a segunda Lei da Termodinâmica, já sabiam prever quando é que uma reação era ou não espontânea, demonstrando ter percebido muito bem este tema. Esta aula serviu mais como uma consolidação dos conceitos aprendidos na aula de exploração dos módulos digitais.

Estes melhores desempenhos dos alunos sujeitos ao estudo, evidenciados pela professora da turma, mostram que os recursos digitais são recursos pedagógicos que podem aumentar a atividade das aulas e estimular a aprendizagem dos alunos.

A validade interna deste estudo está condicionada pelo facto da amostra não estar perfeitamente aleatorizada. Esta turma tinha mais raparigas do que rapazes e, para além disso, não foi possível que pelo menos um elemento de cada grupo que explorasse o conjunto de módulos fosse entrevistado, porque foram os alunos que se propuseram para a realização da entrevista.

**Que idade tem?**

**A- 18.**

**E - Tem computador em casa?**

**A - Sim.**

**E - O que é que costuma fazer com o computador em sua casa?**

A - Trabalhos...*Internet* não, porque não tenho, às vezes quando tenho tempo, também alguns jogos. E - **E aqui na escola já utilizou o computador na escola, por indicação dos professores?** A - Sim, em informática.

**E - Compare uma aula em que se utiliza o computador com uma aula tradicional. Qual a que lhe agrada mais? Porquê?**

A - Eu acho que em algumas matérias é mais interessante com computadores, porque não seL.É mais interessante, acho que nós estamos mais incentivados para aprender e que funciona melhor. E

- **Relativamente à aula qual foi o aspecto que lhe agradou mais e o que lhe agradou menos?** A

- Aquela parte das questões acho que era uma boa forma de avaliar os conhecimentos do que tínhamos aprendido ao longo de todos aqueles módulos. Apesar de aquela parte da solubilidade dos sais, acho que estava um pouco confusa para compreender, era mais complicada. E - **E os restantes módulos digitais?** A - Acho que estava acessível.

**E - Desenvolveu o conjunto de módulos digitais em grupo ou individualmente?** A - Foi em grupo.

**E - O que lhe pareceu mais adequado? Porquê?**

A - Sozinha permite-nos avaliar os nossos conhecimentos, em grupo podemos trocar opiniões. E - **O que prefere?** A - Acho que em grupo é melhor.

**E - Ao utilizar os módulos digitais os objectivos estavam claros?** A - Sim, acho que sim.

**E - E o tempo disponibilizado foi suficiente?** A - Acho que não, foi um bocado curto.

**E - Qual o módulo digital em que teve mais dificuldades ou que lhe suscitou mais dúvidas?** A - Foi o tal, aquele da solubilidade. E - **E o que teve menos? Porquê?**

A - O da espontaneidade...e o primeiro também era acessível.

**E - Pode dar-me a sua opinião acerca de cada módulo digital? O que achou do módulo 1 "Demónio de Maxwell"?**

A - Acho que permitia-nos ver a variação da entropia no início e no final e que...e...tipo arranjar uma definição para o significado da entropia. Permitia-nos ver maior/menor desordem, maior ou menor entropia. E - **Qual é a sua opinião relativamente ao segundo "Espontaneidade de Reacções Químicas e a Segunda Lei da Termodinâmica"?**

A - **O segundo** acho que também era interessante também nos permitia aplicar conhecimentos anteriores, nós já sabíamos que no estado sólido há maior ordem que no estado gasoso, isso aí já nos permitia ver algumas coisas.

**E - Qual é a sua opinião relativamente ao módulo 3 "Um exemplo de aplicação: Dissolução de Sais e Entropia"?**

A - Assim à primeira vista, nós não chegamos a responder às questões, acho que era um bocado confuso de compreender.

**E - E qual é a sua opinião relativamente ao módulo 4 "Questões sobre Entropia"?** A - Gostei de aplicar os conhecimentos que tivemos ao longo dos módulos digitais e mesmo doutras matérias.

**E - Relativamente ao módulo 1 "Demónio de Maxwell" qual é o papel do Demónio de Maxwell?** A - Pois, isso aí eu não percebi muito bem.

**E - Não repararam que quando o Demónio de Maxwell actuava andavam com o rato a mover a caixa, era para tentar fazer o quê?** A - Aumentar a ordem e diminuir a entropia. E - **Relativamente aos fenómenos que acontecem, isso é possível?** A - Acho que não, o Demónio de Maxwell não existe.

**E - O que pode concluir após ter utilizado o módulo 2 "Espontaneidade de Reacções e a Segunda Lei 163.**

# **CAPÍTULO 5:**

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O ensino de ciências tem passado por várias transformações ao longo dos últimos anos. Cada vez mais se propõe que os conteúdos ministrados em sala de aula sejam relacionados à realidade que cerca o aluno. Isso tem sido motivo de muitas discussões entre profissionais da área da educação, pois a maioria dos conteúdos que o aluno aprende na sala de aula, não é contextualizada. Existe uma enorme necessidade de melhorar o ensino de ciências em todas as suas etapas educativas, sendo importante o desenvolvimento de orientações curriculares atualizadas, de materiais didáticos e de estratégias de ensino a serem utilizados em sala de aula, que visem à inovação dos processos de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos.

As atividades sugeridas na sequência de ensino e aprendizagem tinham por objetivo principal promover a emergência das zonas do perfil conceitual de substância, e também evidenciar para os alunos as ideias existentes nas zonas científicas do perfil. Para isso, planejamos todas as ações nos guiando por meio de elementos estruturadores da atividade e das zonas do perfil conceitual de substância. Para que as atividades atingissem os objetivos esperados era crucial o engajamento dos estudantes nas atividades propostas.

Os resultados obtidos mostraram que a utilização de zonas do perfil conceitual é uma importante recurso que pode ser utilizado pelo professor para o planejamento de suas aulas e para a importância de diferentes modos de pensar sobre os conceitos discutidos em sala de aula. Isso pode permitir ao professor algumas das ações realizadas em sala, bem como contribuir para uma melhor condução das discussões que podem surgir na sala de aula, quando ocorre a emergência de diferentes modos de falar, beneficiando a reelaboração e ampliação de ideias nos alunos.

Em relação ao conhecimento dos alunos durante a sequência elaborada observamos que a maior parte deles confirmou comprometimento na realização das atividades, permitindo a coleta de dados aceitáveis para alcançarmos a elaboração do perfil conceitual da turma nas diversas circunstâncias, embora alguns alunos tenham se destacado em relação a outros, o que é comum, visto que cada sujeito oferece uma postura diferenciada em sala de aula.

As interações discursivas nos permitiram observar a emergência de quatro das cinco zonas do perfil conceitual propostas por Silva (2011), sendo a zona relacional a única que não foi detectada nos discursos elaborados pelos alunos.

Verificamos que ao longo das aulas houve um crescimento dos modos de falar incluídos na zona racionalista, e isso indica que ao longo da Sequência os alunos parecem ter reformulado alguns das suas visões sobre o conceito de substância, sem necessariamente abandonar os modos de pensar mais intuitivos. É interessante apontar que situações diversas foram discutidas nas diferentes atividades, e isso parece ter promovido oscilação na emergência de zonas do perfil. Em relação aos modos de falar generalistas, que são aqueles associados com pensamentos mais ingênuos e intuitivos, de maneira geral houve uma redução, ainda que na última aula tenha sido observado um leve aumento da frequência dessa zona com relação à aula anterior.

A pesquisa evidenciou também a relação existente entre os tipos de atividades realizados em sala de aula e a emergência de determinadas zonas do perfil. Observamos que na primeira aula o número de ideias generalistas foi mais frequente, o que associamos à discussão de questões históricas e contextuais, e de aspectos microscópicos da substância. Isso parece suscitar ideias ingênuas e intuitivas associadas a contextos históricos e sociais, nos quais o conceito de substância não se encontra bem estruturado. No caso dos aspectos microscópicos, já está colocado na literatura a dificuldade dos alunos na compreensão dos conceitos químicos em nível atômico - molecular e isso parece leva-los a expressar ideias mais intuitivas. Na segunda aula ocorreu o ponto alto na emergência das ideias essencialistas, quando comparamos com todas as etapas da sequência, o qual parece estar vinculado com a discussão levantada sobre os benefícios/malefícios de algumas substâncias para o homem.

A análise do processo de conceituação, avaliando um possível percurso ou trajetória de aprendizagem traçado por dois dos alunos que participaram ativamente de todas as atividades. Percebemos como os indivíduos elaboram e estabelecem os 116 conceitos de maneira diferenciada, apresentando cada um as suas particularidades. Podemos destacar que a visualização de diferentes zonas pelos alunos parece ser útil para promover uma tomada de consciência de suas próprias zonas e por consequência, ter a percepção de suas limitações cognitivas com relação ao conceito. O que consideramos muito positivo uma vez que um dos objetivos da utilização da teoria do perfil conceitual é promover a tomada de consciência da multiplicidade de modos de pensar e falar sobre um conceito.

A realização desta pesquisa mostrou um aspecto relevante para a prática docente: o conhecimento de zonas do perfil conceitual tem um importante papel para o trabalho do professor na sala de aula. A consciência dele em relação as zonas se mostrou fundamental, não só na ocasião do planejamento das atividades, mas também na mediação e direcionamento das discussões nas aulas, proporcionando ao professor mais convicção sobre seus objetivos em relação à aprendizagem dos alunos.

Esperamos que este trabalho contribua para a melhoria da aprendizagem dos conceitos químicos em sala de aula, que é o objetivo principal das pesquisas em educação, mostrando como a teoria do perfil conceitual pode ser aplicada na prática do professor de maneira a contribuir para a construção de significados para os conceitos científicos e engajando os alunos através de atividades bem planejadas.

## REFERÊNCIAS

A.M.P. Carvalho e M.E.R. Goncalves, *Cadernos de Pesquisa* **111**(?), 71 (2000).

AAKER, D. A.; KUMAR, V.; DAY, G. S. *Pesquisa de marketing*. São Paulo: Atlas, 2004.

AMARAL, E. M. R. 2004. Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada às transformações químicas: a dinâmica discursiva em uma sala de aula de química do Ensino Médio. Belo Horizonte: Faculdade de Educação da UFMG (Tese de Doutorado).

AMARAL, E. M. R., MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n.3, 2001.p.5-18.

AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. Belo Horizonte. v.1 n.3 p. 1-16. 2001.

ANDRADE, Israel Esquef.; ALBUQUERQUE, Márcio Portes de; Albuquerque, Marcelo Portes de. **Fundamentos de Teoria da Informação**. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 2003. Disponível em: <[www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br)>. acesso em: 20 de nov. de 2008.

ANDRÉ, M. E. D. A. de. *Etnografia da prática escolar*. 13. ed. Campinas: Papirus, 2007.

ARAÚJO, D. X; SILVA, R. R.; TUNES E. O conceito de substância química apreendido por alunos do ensino médio. *Química Nova*, v.01, n18. 80-90. 1994

ASBAHR, F.S.F. “Por que aprender isso, professora?” Sentido pessoal e atividade de estudo na Psicologia Histórico-cultural. Tese de Doutorado. **Universidade de São Paulo**, 2011

BACHELARD, G. **A Epistemologia**: trechos escolhidos por Dominique Lecourt. Rio de Janeiro.(data?)

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico* (trad. Estela dos santos abreu). Contraponto editora: Rio de janeiro. 1996.



BACHELARD, Gaston. **A filosofia do não**. Lisboa: Editorial presença.1991. Belo Horizonte: Ed. UFMG.

BACHELARD, GASTON. A filosofia do não; o novo espírito científico; a poética do espaço; seleção de textos de José Américo Motta Pessanha; traduções de Joaquim José Moura Ramos. . . (et al.). — São Paulo: Abril Cultural, 1977. (os pensadores).

BARBOSA LIMA, M. C. e LINS DE BARROS, H. **Uma proposta de ensino de calor e temperatura à luz de Bachelard**. Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, p. 315- 321. 1997.

BELEI, R.A. GIMENIZ-PASCHOAL, S.R.; NASCIMENTO, E.N.; MATSUMOTO, P.H.R. O uso de entrevista, observação e videogravação em pesquisa qualitativa. **Cadernos de Educação**, v.30, p.187-199, 2008.

BENFATTI, Xênia Diógenes. **Rev. Humanidades**, 26, n.2 p.295-308, jul./dez. 2011. Carvalho, A.M.P. e M.E.R. Gonçalves (2000). Formação continuada de Professores: o vídeo como tecnologia facilitadora da reflexão. *Cadernos de pesquisa* 111, 71-94.

BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. 12.ed. Porto: Porto, 2003.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC/SEF, 1999.

CAVICHIOLO, A.; ROCHA, J. R. C. Uma Abordagem Alternativa para o Aprendizado dos Conceitos de Átomo, Molécula, Elemento Químico, Substância Simples e Substância Composta, nos Ensinos Fundamental e Médio. *Química Nova na Escola*, nº 21, p.29, 2005.

CHAER, G.; DINIZ, R.R.P.; RIBEIRO, E.A. A técnica do questionário na pesquisa educacional. **EVIDÊNCIA**, v.7, n.7, p. 251- 266, 2011.

COUTINHO, F.A. *Construção de Um Perfil Conceitual de Vida*. 2005. Tese (Doutorado em educação) - Faculdade de educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2005).

COUTINHO, F.A.; MORTIMER, E.F.; EL-HANI, C.N. Construção de um perfil conceitual para o conceito biológico de vida. *Investigações no Ensino de Ciências*, v.12, p.115-137, 2007.

COVENEY, P.; HIGHFIELD, R. **A flecha do tempo**. São Paulo: Siciliano, 1990.

CUNHA, M.B.M. Perfil conceitual: trabalhando concepção de matéria e estados físicos dos materiais com alunos e alunas do ensino médio. 2003. 104f. Dissertação de mestrado. UFBA/UEFS. Salvador, 2003.

DAVIDOV, V. **La Enseñanza Escolar y el Desarrollo Psíquico: Investigación psicológica teórica y experimental**. Moscou: Editorial Progreso, 1988.

DRIVER, R. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, barcelona, v. 6, n. 2, p. 109-120, 1988.

ERICKSON, G. Heart and Temperature – part A: an overview of pupils' ideas. In Drive, R.; Guesne, e. E Tiberghien, a. (eds.) *Children's ideas in science*. Open University Press: Milton Keynes – Philadelphia. 1985.

FILHO, A.L.A. A CONSTRUÇÃO DE UM PERFIL PARA O CONCEITO DE REFERENCIAL EM FÍSICA E OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS A APRENDIZAGEM DA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA, *Investigações em Ensino de Ciências*, v.15, p.155-179, 2010.

FIRME, R.N.; AMARAL, E.M.R. Análise e validação de uma sequência de ensino com abordagem CTS: o descarte de pilhas e baterias. In *Atas do VIII*.

FREIRE, P. *Pedagogia da Autonomia – Saberes Necessários à Prática Educativa*. São Janeiro: Zahar. 136p. 1940.

FREIRE, P. *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GIL, A.C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores. In: *Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Campinas, 2011.

HOPPE, E. *Histoire de la Pysique* (trad. H. Besson). Paris: Payot. 1928.

LIMA, Karmel de Oliveira. Análise das dificuldades encontradas por alunos do Ensino Médio na construção de relações entre modelos atômicos, distribuição eletrônica e propriedades periódicas. Química nova na Escola, Brasília, 2010.

MAYRING, Ph. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung* [Introdução à pesquisa social qualitativa]. (5ª ed.). Weinheim: Beltz

MORTIMER, E. F. 1994. Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis

MORTIMER, E. F. 2000. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*.

MORTIMER, E. F. Conceptual Change or Conceptual Profile Change? **Science & Education**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p. 268-283. 1995.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 1, n.3, p.20-39, 1996.

MORTIMER, MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L.I.A. Proposta Curricular de Química do Estado de Minas Gerais: Fundamentos e Pressupostos. **Química Nova**, n.23, v.2, p.273-283, 2000. Paulo: Paz e Terra, 1996.

PIAGET, Jean; INHELDER, Barber *Le Développement des Quantités chez l'Enfant*, Neuchâtel: Editions DeLaChaux et Niestle, 1941 (ed. portug. *O Desenvolvimento das Quantidades Físicas na Criança*, Zahar, 1970). *Psicologia e ensino de química*. Química Nova, 20(2): 200-207.

RONAN, C. A. História ilustrada da ciência: a ciência nos séculos xix e xx. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1987. V. 4.

Santos, M. (1990); *Fundamentos epistemológicos do ensino das Ciências. Comunicação apresentada no CIFOP*. Universidade de Aveiro, 1990.

SEPÚLVEDA, C.; MORTIMER, E. F.; CHARBEL, E. H. N.; Construção de um perfil conceitual para o conceito de adaptação evolutiva. In: **VII ENPEC** – Encontro Nacional de Ensino de Ciências. Florianópolis: Banco de Papers. 2007.

SILVA, D. Estudo das trajetórias cognitivas de alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação-USP. 1995.

STRAUSS, A. e CORBIN, J. (2009). *Pesquisa Qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de Teoria Fundamentada*, Porto Alegre: Artmed, 2ª ed., reimpressão.

VALENTE, J. A. Informática na educação> Como, Para que e Por Que. In Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular. 01/2001. Disponível em <http://www.sbbp.org.br/revista/artigo.pil> Acessado em 17 de jun. de 2005.

VAN DER VEER, R. "From concept attainment to knowledge formation". **Mind, Culture and Activity** 5 (2), 1998, p. 89-94.

VIDAL, B. História da química. Edições 70: Lisboa. 1986.

VON GLASERSFELD, E. Construtivismo: Aspectos Introdutórios. In: FOSNOT, C. (Org.) Construtivismo: Teorias, Perspectivas e Prática Pedagógica. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 19-23.

VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1991. 191p.

WERTSCH, J. V. (1985) vygotsky and the social formation of mind. Cambridge: harvard university press. 1985.

WHEATLEY, G. H. Constructivism perspectives on science and mathematics learning. **Science Education**, New York, v. 75, n. 1, p. 9-21, 1991.

ZABALA, Antoni. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ZACHARIAS, Vera Lúcia C. Avaliação do Software Educacional. <http://www.centrorefeducacional.com.br/avasofed.htm> Acessado em 16 de mai de 2015

## ANEXO 1. TEXTO 1: “PROCESSOS IRREVERSÍVEIS E LEIS DA TERMODINÂMICA”.

Os processos irreversíveis são aqueles que possuem um sentido preferencial no tempo, não havendo meios de serem executados “de trás para frente”. Quando um mergulhador pula em uma piscina, sua energia<sup>17</sup> de movimento (energia cinética) é convertida em calor, aquecendo a água. O processo é irreversível, pois o resfriamento da água não é capaz de fazer com que o mergulhador volte ao trampolim. Também é irreversível o resfriamento de uma xícara de café ou a queima de lenha em uma lareira. Seria possível observar a fumaça voltando pela chaminé, enquanto a sala se resfria e a lenha sendo reconstituída a partir das cinzas?

Podemos citar uma série de processos como esses: copos que se quebram ao cair no chão, pilhas de lanterna que se descarregam, gelo que derrete no copo de refrigerante, enfim. E o que todos eles têm em comum? Eles só ocorrem espontaneamente em um sentido.

Estes processos, no entanto, poderiam acontecer nos dois sentidos, sem contrariar a 1ª Lei da Termodinâmica, isto é, sem violar o princípio da conservação da energia. Este princípio foi enunciado primeiramente por Julius F. Mayer (1814 – 1878) sob a seguinte forma: “Quando uma quantidade de energia de qualquer natureza desaparece numa transformação, então produz-se uma quantidade igual em grandeza de uma energia de outra natureza” (Gilbert, p. 234, 1982). Se, no processo do movimento mecânico, a energia do corpo diminui devido à ação das forças de atrito (por exemplo, um tijolo deslizando sobre uma superfície), isso ocorre porque esta se transforma em calor; os corpos que se atritam se aquecem. Transforma-se em calor a energia elétrica, a energia da luz, a energia das reações químicas etc. Qualquer forma de energia, no processo de transformação, pode passar através de muitas formas de energia, contudo, o resultado final de todas essas transformações inevitáveis é a energia térmica. Embora, de acordo com a 1ª Lei, a energia seja conservada enquanto ocorrem as transformações, ela perde a sua utilidade à medida que o calor se difunde pelo ambiente.

Voltando ao questionário introdutório deste curso, veja, por exemplo, o caso das canecas com mesmo volume de água: uma certa quantidade de energia térmica (calor<sup>18</sup>) passa da água mais quente (a 80°C), para a outra mais fria (a 20°C) até que ambas se encontrem à mesma temperatura (50°C), isto é, até que atinjam o

equilíbrio térmico. Como o calor cedido por uma caneca foi recebido pela outra, garante-se aí a conservação da energia. No entanto, não há como reverter espontaneamente esse processo. A energia trocada entre as canecas, na forma de calor, não pode ser colocada em uso novamente, tornando-se irreversível. A 2ª Lei da Termodinâmica expressa um sentido para os processos naturais espontâneos. Existem algumas formas diferentes de se enunciar esta Lei e uma delas, apresentada em meados do século XIX, por Rudolf Clausius (1822 – 1888) em um trabalho publicado em 1850, dizia ser impossível haver transferência espontânea de calor de um objeto frio para outro mais quente. Nas palavras do próprio Clausius:

O calor não pode nunca passar de um corpo mais frio para um corpo mais quente, sem que ocorram mudanças associadas. Tudo o que sabemos em relação às trocas de calor entre dois corpos de temperaturas diferentes confirma isso, pois o calor em toda parte manifesta uma tendência em igualar diferenças de temperatura e conseqüentemente, em passar numa direção contrária, isto é, do corpo mais quente para o mais frio” (“From Watt to Clausius”, 1971, apud. Aurani, 1986). Observe a condição “espontânea”. Em sua geladeira, por exemplo, a todo instante, calor é transferido dos tubos em seu interior (no congelador), à sua vizinhança (cozinha), necessitando para isto que o refrigerador esteja ligado à tomada e funcionando, ou seja, consumindo energia elétrica. Sendo assim, o processo não é espontâneo, mas sim induzido. Da mesma forma, retornando ao exemplo das canecas com água, ambas a 50°C, seria necessária uma “contribuição externa”, uma “dose de energia” para que estas voltassem à condição inicial de 80°C e 20°C. Uma delas deveria receber energia térmica (calor) de uma fonte externa, enquanto que a outra deveria perder energia térmica até que sua temperatura voltasse a ser 20°C. Como saber se um processo viola ou não a 2ª Lei da Termodinâmica? Em outras palavras: como decidir se esse processo está na mão certa e é um processo natural ou não? Clausius, em 1865, distinguiu processos reversíveis de processos irreversíveis e introduziu o conceito de entropia: uma grandeza que aumenta com a dissipação e atinge o seu valor máximo, quando todo o potencial de transformação da energia está esgotado. Sendo assim, todo processo que ocorre naturalmente deve ser acompanhado de um aumento de entropia.

Questões norteadoras das discussões: 1 - Sua mãe fez o almoço e o colocou bem “quentinho” à mesa, mas como você demorou um tempo para ir até a cozinha e “fazer o seu prato”, ao destampar as panelas, percebeu que os alimentos já estavam

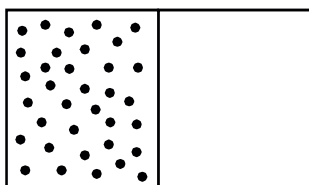
frios. a) Explique porque isso aconteceu; b) Qual o sentido do fluxo de calor neste caso? c) Esse processo é reversível espontaneamente, ou seja, é possível que a comida volte à temperatura que estava quando sua mãe a colocou na mesa? Explique.

## APÊNDICE A. QUESTIONÁRIO DE PRÉ-TESTE

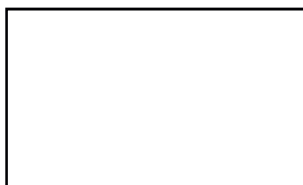
**Questão 1.** Duas barras de aço a temperaturas diferentes  $20^{\circ}\text{C}$  e  $100^{\circ}\text{C}$ , são colocadas em contato. O que se verifica após certo tempo? Explique

**Questão 2.** Têm duas canecas de alumínio ligadas e revestidas com isopor, uma com 1 litro de água a uma temperatura de  $80^{\circ}\text{C}$  e outra, também com 1 litro de água a uma temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ . Encostando uma na outra, verifica-se que após certo tempo, ambas encontram-se a uma temperatura média de  $50^{\circ}\text{C}$ . De acordo com o enunciado acima, você acredita que o processo inverso possa ocorrer espontaneamente, ou seja, que as massas de água, ambas agora a  $50^{\circ}\text{C}$ , voltem às temperaturas que anteriormente eram de  $80^{\circ}\text{C}$  e  $20^{\circ}\text{C}$ ? Justifique.

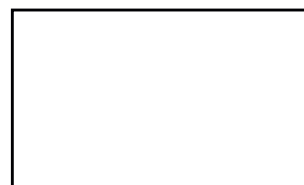
**Questão 3.** Na caixa abaixo, de um lado, há um gás e do outro foi retirado tudo que havia, produzindo vácuo. Se retirarmos a separação, o que irá acontecer com as moléculas do gás? Faça desenhos representativos nos espaços abaixo, mostrando como as partículas do gás estavam antes, imediatamente após termos removido a separação e depois de um minuto. Explique com suas palavras o que significam os seus desenhos.



Antes de remover a separação

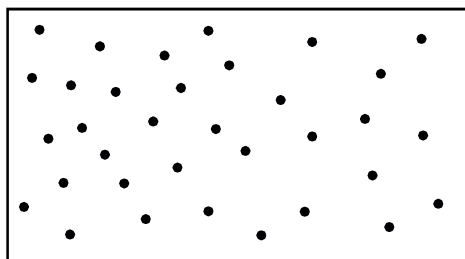


Imediatamente depois de removida a separação



Após 1 minuto

**Questão 4.** Considerando que as moléculas de um certo gás ocupam todo o volume da caixa abaixo, é possível que elas espontaneamente se concentrem todas de um único lado do recipiente como na situação descrita no item anterior? Explique.



**Questão 5.** Imagine que em um terreno grande, cercado e abandonado, há um monte de areia. Com o passar do tempo, mesmo sem a intervenção de seres humanos ou mesmo de outros animais, o que você espera que aconteça? Explique.