



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Centro Acadêmico do Agreste
Núcleo de Formação Docente
Curso de Química - Licenciatura



JOANA D'ARC DOS SANTOS BARBOSA

**PRODUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO PARA ABORDAGEM DE
CONCEITOS DA PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA NO ENSINO
SUPERIOR POR MEIO DE CONTOS**

**CARUARU-PE
2018**

JOANA D'ARC DOS SANTOS BARBOSA

**PRODUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO PARA ABORDAGEM DE
CONCEITOS DA PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA NO ENSINO
SUPERIOR POR MEIO DE CONTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Licenciatura em Química do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Gilmara Gonzaga Pedrosa.

Co-Orientador: Prof. Dr. Ricardo Lima Guimarães.

**CARUARU
2018**

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

B238p Barbosa, Joana D'arc dos Santos.
 Produção de material didático para abordagem de conceitos da primeira lei da
termodinâmica no ensino superior por meio de contos. / Joana D'arc dos Santos Barbosa. – 2018.
 110 f. il. : 30 cm.

 Orientadora: Gilmara Gonzaga Pedrosa.
 Coorientador: Ricardo Lima Guimarães.
 Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de
Pernambuco, CAA, Licenciatura em Química, 2018.
 Inclui Referências.

 1. Material didático. 2. Didática. 3. Termodinâmica. 4. Contos. 5. Físico-química. I.
Pedrosa, Gilmara Gonzaga (Orientadora). II. Guimarães, Ricardo Lima (Coorientador).
III. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2018-416)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE DO CAMPUS AGRESTE
COLEGIADO DO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

FOLHA DE APROVAÇÃO DO TCC

JOANA D'ARC DOS SANTOS BARBOSA

**“PRODUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO PARA ABORDAGEM DE CONCEITOS DA PRIMEIRA LEI
DA TERMODINÂMICA NO ENSINO SUPERIOR POR MEIO DE CONTOS”**

TCC apresentado à Universidade Federal de Pernambuco,
como parte das exigências para a obtenção do título de
graduação em Química-Licenciatura.

Caruaru, 20 de Dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Gilmara Gonzaga Pedrosa (CAA/UFPE)
(Orientadora)

Prof. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos (CAA/UFPE)
(Examinador 1)

Prof. Dr. José Ayrton Lira dos Anjos (CAA/UFPE)
(Examinador 2)

AGRADECIMENTOS

A produção de um trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é um processo que envolve bastante motivação pessoal na busca em desenvolver um novo conhecimento. Parte também das inquietações sobre determinados fenômenos e na busca de melhor responder a tais indagações. Não foi diferente para esse trabalho e o agradecimento as devidas pessoas que contribuíram, direta e indiretamente, até o aperfeiçoamento dessa monografia não pode ser negligenciado.

Primeiramente gostaria de agradecer à Deus por toda a força e ajuda que me dera diante do meu percurso na graduação, seja nos momentos mais difíceis e estressantes. À minha família pelo constante apoio durante todo o meu processo formativo.

À minha orientadora por ser uma pessoa incrível, uma profissional admirável e inspiradora. Aos demais professores que também foram fundamentais na minha formação e que para mim moldaram um perfil de educador competente e comprometido.

Agradeço, por fim, aos meus amigos e colegas que estiveram compartilhando diversos momentos na graduação. E espero que se estenda também para a vida.

RESUMO

Este trabalho tem como pressuposto básico, a elaboração de um material didático, na forma de contos de narração científica sobre o conceito da Primeira lei da termodinâmica direcionado para o ensino superior. O material produzido tem a pretensão de possibilitar uma visão diferenciada sobre os principais conceitos da primeira lei termodinâmica, centrando na Energia Interna do ponto de vista da termodinâmica clássica e estatística; de forma lúdica, como forma de divulgação científica, porém sem deslegitimar o seu rigor científico. Para isso, foram analisados os principais aspectos pertinentes a sua produção, baseando-se nas teorias elencadas como fundamentais para o trabalho, tais como: transposição didática, análise discursiva e dialógica de gêneros e divulgação científica. Levando assim, no desenvolvimento dos procedimentos metodológicos, desde levantamento de dados dos conceitos termodinâmicos em livros didáticos de nível superior, como também em artigos científicos. Perpassando pela metalinguística, em que foi investigado as principais relações discursivas e dialógicas dos conceitos científicos aliado ao gênero literário, pensando tanto no perfil de público a que se destinará o material, como também com base no enredo da história, seus personagens e afins. E, por fim, analisando os conceitos transpostos nos contos, e o levantamento das principais limitações do material. Os resultados obtidos do ponto de vista qualitativo foram: (1) as obras bibliográficas revisadas, cinco livros de Físico-química e dois artigos científicos, evidenciaram que tanto os livros contêm diferentes formas de linguagem, uma mais técnica que a outra ao abordar o conteúdo termodinâmico, cujo escopo conceitual é bem estabelecido pela comunidade científica; quanto aos artigos científicos que exploram as dificuldades de compreensão por estudantes acerca dos conceitos em questão. (2) as relações discursivas e dialógicas dos personagens criados e o enredo do conto permitiu observar no diálogo a construção de significados entre eles, a visão de ciência, refletindo relações sociais hierárquicas entre os personagens. Além de, como os saberes científicos foram apresentados. (3) a transposição didática dos conceitos quando comparado com a quantidade de conteúdos abordados pelos livros é reduzida e focada mais em conceitos do que em fórmulas; e (4) por fim, foram apresentadas dificuldades que foram inerentes ao processo de preparação do material didático. Permitindo assim compreender como foi a preparação e elaboração do mesmo. Seja como ferramenta didática com potencial para auxiliar o professor no processo de aprendizagem da disciplina, ou mesmo como forma de o estudante compreender esses conceitos sobre uma perspectiva diferenciada.

Palavras-Chave: Material didático. Conceitos termodinâmicos. Contos. Transposição Didática. Físico-química.

ABSTRACT

This work has as its basic premise, the elaboration of a didactic material, in the form of tales of scientific narrative of concepts of Physical Chemistry directed to higher education. The material produced has the pretense of providing a differentiated vision on the main concepts of thermodynamics The first law, focusing on the internal energy from the point of view of classical and statistical thermodynamics; playful way, as a means of scientific disclosure, but without delegitimize its scientific rigor. For this, we analyzed the main aspects relevant to their production, based on the theories listed as fundamental to the work, such as: transposition didactics, dialogic and discursive analysis of gender, scientific dissemination. Thus leading, in the development of methodological procedures, since survey data of thermodynamic concepts in textbooks of a higher level, as well as in scientific articles. Underlying the metalinguística, it was investigated the main discursive and dialogical relations of scientific concepts allied to the literary genre, thinking in both the public profile that will allocate the material, but also based on the plot of the story, its characters and suchlike. And, finally, analyzing the concepts transposed in the tales, and the lifting of the main limitations of the material. The results obtained from a qualitative point of view were: (1) The revised bibliographic works, five books of Physical Chemistry and two scientific articles, showed that both books contain different forms of language, a more technical than the other when approaching the thermodynamic content, whose conceptual scope is well established by the scientific community; as well as the scientific articles exploring the difficulties of understanding by students about the concepts in question. (2) the discursive and dialogical relations of created characters and the plot of the story allowed to observe in the dialog the construction of meanings between them, a vision of science, reflecting hierarchical social relations between the characters. In addition, as the scientific knowledges were presented. (3) The transposition didactics of concepts when compared with the amount of content covered by books is reduced and focused more on concepts than in formulas; and (4) finally, were presented difficulties that are inherent to the process of preparation of didactic material. Thus understand how was the preparation and drafting of the material preparation. Either as a teaching tool with the potential to assist the teacher in the learning process of the discipline, or even as a way for the student to understand these concepts on a differentiated perspective.

Keywords: Didactic Material. Thermodynamic Concepts. Tales. Transposition Didactics. Physical Chemistry.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Estruturação dos elementos constitutivos para o desenvolvimento do gênero de narração científica.	45
Quadro 2	Análise do discurso e diálogo do conto produzido.	46
Quadro 3	Critérios de análise dos conceitos científicos transpostos no conto.	47
Quadro 4	Estruturação dos conteúdos da Termodinâmica Clássica referentes a Primeira Lei da Termodinâmica	52
Quadro 5	Estruturação dos conteúdos sobre a Termodinâmica Estatística.	52
Quadro 6	Organização da estrutura dos elementos do conto	60
Quadro 7	Caracterização dos personagens no conto produzido.	62
Quadro 8	Análise do discurso e diálogo dos personagens	64
Quadro 9	Visões de ciência pelos personagens	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Documentos bibliográficos revisados: livros didáticos.	42
Tabela 2	Documentos bibliográficos revisados: artigos científicos.	43
Tabela 3	Descrição dos Livros de Físico-química Revisados	49
Tabela 4	Análise de convergência e divergência conceitual nos livros 1, 2 e 4.	54
Tabela 5	Análise de convergência e divergência conceitual nos livros 3 e 5	55
Tabela 6	Análise do critério identificação conceitual dos artigos científicos.	56
Tabela 7	Transposição didática de conceitos a partir do conto.	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3.1	RECURSOS EDUCACIONAIS: MATERIAIS DIDÁTICOS E A IMPORTÂNCIA DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA.....	15
3.2	TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: PROCESSO FUNDAMENTAL NA ARTICULAÇÃO DOS SABERES.....	21
3.3	METALINGUÍSTICA: A NATUREZA DISCURSIVA E DIALÓGICA DA LINGUAGEM.....	23
3.4	ATIVIDADES LÚDICAS: A LITERATURA EM DINÂMICA COM AS CIÊNCIAS.....	29
3.5	CONCEITOS CIENTÍFICOS: UMA VIAGEM PELA TERMODINÂMICA.....	33
3.5.1	<i>Energia Interna: Conceito Clássico.....</i>	<i>35</i>
3.5.2	<i>Energia Interna: Conceito Estatístico</i>	<i>37</i>
4	METODOLOGIA.....	41
4.1	DESENVOLVIMENTO DOS CONCEITOS DA PRIMEIRA LEI TERMODINÂMICA EM FÍSICO-QUÍMICA: UM LEVANTAMENTO DE DADOS.....	41
4.2	AS RELAÇÕES DISCURSIVA E DIALÓGICA ENTRE O GÊNERO LITERÁRIO COM OS CONCEITOS CIENTÍFICOS.....	44
4.3	INVESTIGANDO OS CONCEITOS CIENTÍFICOS TRANSPOSTOS NO CONTO.....	47
4.4	LEVANTAMENTO DAS LIMITAÇÕES DO MATERIAL DIDÁTICO PRODUZIDO.....	48
5	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	49
5.1	DESENVOLVIMENTO DOS CONCEITOS TERMODINÂMICOS EM FÍSICO-QUÍMICA: UMA SÍNTESE DO LEVANTAMENTO DE DADOS..	49
5.2	AS RELAÇÕES DISCURSIVA E DIALÓGICA ENTRE O GÊNERO LITERÁRIO COM OS CONCEITOS CIENTÍFICOS.....	58
5.2.1	<i>Parte um: caracterização dos elementos do gênero e enredo do conto.....</i>	<i>58</i>
5.2.2	<i>Parte dois: Análise discursiva e dialógica dos contos.....</i>	<i>62</i>
5.3	ESTRUTURAÇÃO DOS CONCEITOS CIENTÍFICOS TRANSPOSTOS NO ENREDO DOS CONTOS.....	67
5.4	LEVANTAMENTO DAS LIMITAÇÕES DO MATERIAL DIDÁTICO PRODUZIDO.....	70
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
	REFERÊNCIAS.....	74
	APÊNDICE A - CONTO.....	78

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento científico é desenvolvido e utilizado pelas sociedades, ao longo do tempo, a fim de possibilitar sua melhoria. Sendo uma construção humana e dada a sua importância para a sociedade, é ensinado as gerações presentes e futuras, mostrando seus avanços, potencialidades, limitações e implicações na vida prática. Com isto, contribuir para a construção de uma sociedade que gere conhecimentos e que, por ventura, tais saberes se traduzam em qualidade de vida. Esse aspecto ligeiramente prático dado as produções científicas, nada mais são do que um conjunto de saberes e contribuições produzido por uma comunidade especializada, os cientistas, e destinados para a sociedade, que dela usufruirá dos resultados. Porém, a praticidade aqui abordada não é o predominante, visto que a ciência é dependente do contexto cultural no qual está inserida, demonstrando sua mudança ao longo do tempo. E isso, remete ao seu uso enquanto instrumento, devido ao advento tecnológico, e a subordinação de uma pela outra (SILVEIRA; BAZZO, 2005).

Nesse sentido, o letramento, ou melhor, a alfabetização científica, está atrelada ao desenvolvimento científico e tecnológico na história do Brasil. Onde, por volta dos anos de 1960, temas relacionados aos feitos científicos eram ensinados de forma a objetivar que os estudantes percorressem um caminho metodicamente semelhante aos dos cientistas, para que no futuro pudessem se tornar um, isso, voltado para um grupo privilegiado. O ensino de ciências desenvolvido nessa vertente trouxe por meio de órgãos regulamentadores da educação e os paralelos a ela, como os de influência externa, Estados Unidos e Inglaterra, mudanças curriculares que inserissem os pressupostos de uma ciência neutra, positivista e objetiva (KRASILCHIK, 2000; NASCIMENTO *et al.*, 2010).

A produção de materiais didáticos nessa época, tanto para os estudantes como educadores, foi desenvolvida para permitir uma hegemonização de cidadãos cientificamente letrados. Tais materiais foram a produção de guias didáticos e aos dirigidos a aulas práticas em laboratório, assim como, na capacitação de professores. Posteriormente, nos anos 1980, devido às mudanças de concepções sócio históricas, e ao advento tecnológico e os seus impactos, a ciência não é mais vista como neutra, mas sim subordinada a aspectos sociais que até mesmo escapam dos próprios cientistas. E, que isso deve ser fundamentado no processo educativo, gerando nos estudantes, a noção de responsabilidade científica e reflexão de seus impactos sociais (BORGES, 2010; NASCIMENTO *et al.*, 2010).

Então, na segunda metade dos anos 1980, a educação científica não mais almejava à formação de cientistas. Mas, passando agora a ter como finalidade a difusão do conhecimento

das áreas contempladas pela ciência, tendo em vista a não aceitação passiva dos seus conceitos, de forma a tornarem as pessoas conscientes de questões sociais e que despertam tanto o ativismo dentro, como também fora do ambiente escolar, de forma crítica e reflexiva, e isso, permeia pelo campo da investigação científica. Advindo, então, da necessidade de pensar sobre a forma de como é difundido o conhecimento pelos educadores e os obstáculos a serem superados, por exemplo, devido a uma insuficiente formação acadêmica dos mesmos. Contudo, mesmo diante do incentivo a uma ciência contextualizada, na prática, continuava sendo preconizado, uma ciência neutra e objetiva, bem como na formação de educadores num enfoque funcionalista e positivista (BORGES, 2010; NASCIMENTO *et al.*, 2010).

Assim, diante do que foi exposto acima, acerca dos processos em que a ciência esteve, e continua fortemente influenciando o meio educacional e social, na história do Brasil. É possível perceber, tanto momentos de grande valorização da capacidade criativa e crítica dos estudantes em formação, como também, momentos direcionados para a formação desses estudantes subordinada ao mercado de trabalho. Isso tudo, diante de um meio cultural, político, tecnológico específico que contribuiu para a visão da ciência como utilitária. Além disso, valorizando a ciência e a tecnologia, como uma das principais formas de desenvolvimento do país, em conjunto também com influências econômicas internacionais. E, isso acaba sendo refletido nos currículos escolares, em como os educadores devem permeiar por todo o meio científico, de forma a contemplar as competências dessas áreas. Buscando assim, formas de aproximar os estudantes com o saber científico, tornando possível aos mesmos compreendê-lo, de forma crítica e autônoma.

Com isso, permeando pelas diferentes formas em que a ciência e o conhecimento científico são difundidos pela sociedade, seja ela no espaço escolar, como em outros meios sociais e culturais, a divulgação científica é um fator de suma relevância. Visto que a sociedade tem a ciência como sua “mola propulsora”, principalmente a ocidental. A difusão do saber científico para os diferentes públicos e espaços, escolar e não escolar, são pautados de características e singularidades próprias, bem como é resultado de mudanças políticas no decorrer do tempo. Onde a ciência apresentou momentos de grande visibilidade, e era necessário que a massa leiga compreendesse sua forma de atuação, para que também pudesse refletir e validar sua utilização, por exemplo, o jornalismo ainda hoje se torna uma ferramenta importante para tal disseminação. Com isso, significa que a vinculação de um saber científico para um determinado meio, com sua linguagem própria, requer subsídios para sua melhor inserção (GRILLO, 2013).

Desta forma, é importante adaptar essa linguagem rebuscada da ciência para os diferentes públicos a que se destina a divulgação dos feitos científicos e tecnológicos, seja no âmbito social como também no educacional. Neste último ponto, adentra-se no terreno da transposição didática, essencial nos processos de modificações do saber sábio, produzido por cientistas e centros de pesquisa, para ser mobilizado no âmbito educacional. Nessa perspectiva volta-se para os processos em que tal saber é direcionado para um determinado grupo específico, na mobilização das características do conteúdo a ser transposto, bem como pensando no material didático a ser veiculado (CHEVALLARD, 2013).

Pensando nisso, os materiais didáticos exercem um papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem. E isso pode ser bastante perceptível quanto ao nível de envolvimento dos estudantes com tal recurso, dependendo da forma e do suporte em que eles se apresentem, e também, conforme seus objetivos e metodologias. Por meio da interação do conhecimento e seus códigos simbólicos, mostrando assim o seu potencial como ferramenta didática e difusora do saber científico (POSSOLLI; CURY, 2009, SILVA; GIORDANI, 2009).

Diante do exposto, sobre a importância de desenvolver materiais didáticos. Isso se torna muito mais importante quando se observa o baixo quantitativo de linhas de pesquisa nas instituições de nível superior (IES) do país. Pois, como afirma Cunha et al. (2015) é uma linha que carece de mais estudo e maior engajamento. Sendo registrados apenas 14 linhas de pesquisa em materiais didáticos em todo o Brasil. Esse dado relativamente recente, ainda aponta diferenças alarmantes dentre as regiões do território nacional. Visto que, a maior parte dessas linhas de pesquisa está centrada na região Sudeste. Enquanto que em outras regiões são poucas linhas ou mesmo nenhuma cadastrada. Tudo isso, reflete a necessidade de valorizar no estudo, no desenvolvimento e no melhoramento de materiais didáticos. E contribuir, mesmo que minimamente, na reversão desse cenário.

Então, diante desses dados apresentados e também da necessidade de trazer novas ferramentas metodológicas para o ensino superior, que o seguinte trabalho propõe elaborar um material didático de divulgação científica para essa modalidade de ensino. Abordando conceitos termodinâmicos vistos por estudantes de química no componente curricular Físico-química, tanto do ponto de vista clássico quanto estatístico. Uma vez que, a termodinâmica é uma área de conhecimento especialmente importante para a química e outras áreas correlatas a ela, e é importante sua compreensão conceitual e seu formalismo matemático. Então, especificamente esse trabalho propõe produzir um conto narrativo, aliando ciência e literatura, centrando nos conceitos da primeira lei da termodinâmica.

Como a divulgação científica, na forma de literatura, ganha terreno e representatividade seja como fomentadora da imaginação, criticidade e criatividade; tão importantes no contexto atual e como é preconizado nos currículos educacionais. Fica claro a importância do entrelaçamento de duas culturas que a priori parecem tão distantes, permitindo uma visão de ciência mais completa quando insere o contexto de sua produção. Sendo necessário usar isso de forma adequada e consciente (ZANETIC, 2006).

Assim, para a elaboração do material com este perfil, que auxilie no processo de aprendizagem da termodinâmica, foi proposta a seguinte problemática: “Como elaborar um material didático na forma de contos de narração científica, para auxiliar na aprendizagem de conceitos da Primeira Lei da Termodinâmica para o ensino superior?”

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um material didático, na forma de um conto de narração científica, para auxiliar na aprendizagem dos conceitos da Primeira Lei da Termodinâmica no ensino superior.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar de que forma os conceitos da Primeira Lei da Termodinâmica são desenvolvidos na disciplina de Físico-Química e como isso influencia na construção do material.
- Descrever as principais relações discursivas e dialógicas do gênero literário narrativo na abordagem de conceitos científicos durante o processo de elaboração do material.
- Investigar como as possíveis modificações na abordagem dos conceitos da Primeira Lei da Termodinâmica, pelo material didático, se relaciona de forma significativa ao enredo da história narrada.
- Levantar dados acerca das principais limitações do material produzido.

3 REVISÃO DE LITERATURA

O seguinte trabalho se encontra estruturado em subseções, nas quais serão apresentadas as principais teorias, tidas como pertinente ao processo de elaboração, construção e análise do material didático. Assim, a seção 3.1 retrata a importância e as concepções de recursos educacionais, materiais didáticos, bem como sua relação com a divulgação científica. Em seguida, na seção 3.2, é discutido as relações da transposição didática do conhecimento científico em um contexto a ser ensinado aos estudantes. Posterior a isso, na seção 3.3, é explorado o gênero discursivo e dialógico, como forma de fundamentar as relações do gênero literário e o saber científico explorado no material didático. Na seção 3.4, é caracterizado o conto narrativo, gênero literário, e sua importância com o lúdico. E, por fim, na seção 3.5, são discutidos os principais conceitos da Primeira Lei da Termodinâmica que foram desenvolvidos nos contos, dando ênfase ao conceito de energia interna, do ponto de vista da termodinâmica clássica e estatística. Assim, permitindo uma melhor elucidação dos caminhos a serem percorridos para produção do material.

3.1 RECURSOS EDUCACIONAIS: MATERIAIS DIDÁTICOS E A IMPORTÂNCIA DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA.

A elaboração de materiais didáticos é uma linha de pesquisa em Ensino de Química (PEQ). Uma área que, desenvolve projetos de ensino, pesquisa e extensão com o objetivo de busca formas de melhorar a qualidade do ensino de química. Tal linha de pesquisa ainda se encontra muito incipiente no país, no que tange a produção de materiais didáticos, seja em instâncias do ensino médio, superior e a distância. Por isso, é importante seu estudo continuado, por parte dos grupos de pesquisa que compõem as Instituições de Ensino Superior (IES) do país (CUNHA *et al.*, 2015).

Assim, os recursos educacionais, potencialmente significativos para o processo de ensino e aprendizagem, são instrumentos que podem auxiliar o educador na mediação do conhecimento, bem como contribuir em suas atividades em sala de aula. É pertinente refletir sobre seu uso, para sua melhor adequação em diferentes situações de ensino. Em que, tais recursos educacionais, tendem a promover interação entre estudante, educador e a área da ciência estudada e suas múltiplas implicações na vida prática, dialogando com as demais áreas do conhecimento. Sendo assim, levando a concebê-la, muito mais do que apenas uma ferramenta de auxílio para o professor (CUNHA *et al.*, 2015).

Nessa linha de raciocínio, Freitas (2007, p. 31) concebe materiais e equipamentos didáticos como “qualquer recurso utilizado em um procedimento de ensino, para aproximar, estimular o estudante com o conteúdo a ser ensinado”. Logo, materiais que são comumente usados no ambiente de ensino, e até mesmo os que exploram a vertente tecnológica são potencialmente materiais didáticos, devido à forma e intencionalidade de seu uso. Podem explorar os mais variados aspectos, visual, auditivo, audiovisual etc. Enfim, utiliza-se com o propósito de estimular o estudante ao objeto de estudo, como já referenciado, bem como em dinamizar as aulas, despertando a curiosidade e reflexão, sendo, muito mais complexo do que meramente a aceção passiva de um determinado conteúdo.

Cabe salientar ainda, que segundo De Luca (2003), existe a associação de materiais didáticos com aspectos tecnológicos, tais como: *softwares*, rádio, TV, computador; graças ao advento dessas tecnologias e ferramentas. Mas, o que determina a utilidade de um material didático, não se remete a aspectos tecnológicos em si, nem a um direcionamento específico para situações de aprendizagem, como por exemplo, apenas usar o material didático pontualmente, mas sim, diz respeito a sua vinculação a uma finalidade pedagógica e didática. E por isso, tal visão é levada a um panorama mais geral para o que se considera como um recurso didático, definindo como “materiais para a aprendizagem”, sendo tal expressão mais ampliada e que não somente aborda os objetos já conhecidos e utilizados no meio escolar. Mas também instrumentos que o educador se serve para o processo de ensino e aprendizagem em sua prática em sala, como também o que é destinado para o estudante e no que este também pode produzir.

Assim, para Mello (2010, p. 30) “uma concepção mais ampla e atual para os materiais didáticos, leva a conceber qualquer objeto desenvolvido com finalidade educativa e voltado para um processo de ensino e aprendizagem”. Visando assim, recursos mediadores do processo de aquisição do conhecimento e associação dos conteúdos, em que cada material contém sua especificidade ao trabalhar com a linguagem característica de cada área da ciência e de conhecimentos como um todo. Bem como, a atribuição de graus de importância ao processo de interação dos estudantes com o dito material. Nessa perspectiva é destacada a importância da produção de material didático pelo professor, como uma estratégia pertinente na didática, pois torna o educador figura ativa no processo de elaboração, segundo o ambiente e contexto de ensino, suas experiências adquiridas e da realidade vivida por seus estudantes.

Por isso, que tangenciando essa multiplicidade de conceitos acerca de materiais didáticos, seja concebendo-os como ferramentas e instrumentos em sala de aula. Assim como, as ações e práticas por parte do educador, também serem vistas como um recurso educativo. É

muito importante destacar que essa potencialidade, que os materiais didáticos apresentam para o processo de ensino e aprendizagem, não tem garantia de resultados por si só. E isso significa que o planejamento do educador é imprescindível para sua melhor utilização, visando como tais recursos podem influenciar no processo cognitivo da aprendizagem. Pois, conforme é apontado por Silva e Giordani (2009), o processo de aprendizagem ocorre a partir da compreensão de saberes e de seus códigos simbólicos, então os materiais têm a finalidade de facilitar essa compreensão. E, isso não parte do material em si mesmo, mas tanto do domínio do saber pelos professores e professoras, independente da sua área de formação. Como também compreender as diferentes formas de aquisição do conhecimento, e os fatores que podem influenciar no percurso da aprendizagem, por exemplo. Levando então, a facilitar à apreensão desses códigos simbólicos, ou melhor, do corpo de saberes de diversas ciências. Por isso, a importância da produção de materiais por parte de docentes e discentes, que para os autores mencionados, é um instrumento que provoca e que leva a instigar o interesse pelo prazer de aprender.

O processo elaborativo que Mello (2010) se refere, advém do diferencial que os materiais didáticos veem a apresentar a partir do momento em que o educador frente à realidade em que ensina, delinea os aspectos mais pertinentes ao processo de ensino, bem como visando o público alvo, no caso os estudantes com quem convive constantemente. Apesar desse autor, se remeter em seu trabalho a produção de materiais didáticos para o Ensino de Jovens e Adultos (EJA), trazendo elementos históricos dos materiais desenvolvidos nessa modalidade de ensino, tal noção pode ser abrangida para as diferentes formas de produção de recursos didáticos.

Contudo, conforme frisado ainda por Mello (2010), historicamente a produção de materiais didáticos, por parte do educador e de estudantes, ainda não apresenta um campo de estudo expressivo, pois não são vistos como documentos relevantes. E, isso se deve as dificuldades existentes no que tange a preservação desses materiais produzidos no próprio ambiente escolar. Como também, em sua produção, estes podendo pouco se voltar para a sua qualidade, seja por desconhecer todas as particularidades desse âmbito, como, por exemplo, fontes confiáveis de pesquisa e direitos autorais. Ou mesmo, a formação do educador não fornecer subsídios para sua autonomia. Além disso, a relevância que materiais didáticos produzidos por órgãos governamentais e por agentes especializados ainda apresentam no sistema de ensino do país, tais como editoras específicas e especialistas de diversas áreas que desenvolvem os livros didáticos.

Portanto, esse conjunto de fatores se torna indicativo de que não é tão simples a construção de um material, a sua qualidade também é um fator importante a ser analisado. Não se atrelando somente a aspectos como, por exemplo, diagramação, paginação, *layout*, mas sim atentos a uma proposta pedagógica que justifica a utilização desses materiais, do conteúdo a ser veiculado, e principalmente, na sua contribuição para o conhecimento (MELLO, 2010).

É importante destacar a relação da estruturação de um conteúdo num material didático. Este devendo divergir de uma ótica meramente linearizada e simplificada dos conteúdos de uma ciência. A menos, é claro, que essa seja a pretensão do material. Pois, do contrário esta forma não abrange as particularidades do saber que é complexo e dinâmico e que se relaciona com outras áreas, já que não são corpos de saberes fechados em si mesmos. Por isso, que considerando essa complexidade e refletindo à concepção de seus conteúdos com seus diferentes pontos de vista, o objeto desenvolvido seria pensando numa forma mais crítica e formativa e não meramente como algo pronto e acabado. E isso retoma ao que foi discutido sobre a necessidade de melhor planejar um material (NOGUEIRA, 2012).

Sobre o exposto acima, o trabalho de Tezza (2002) aborda aspectos importantes e que devem ser analisados no contexto atual acerca de materiais didáticos: o de não fazer uma discussão aprofundada dos conceitos, retirando o caráter evolutivo do saber; e isso leva em consideração questões de dimensão políticas, que permeia como o conhecimento é desenvolvido no material. A sua crítica, também aborda relevantes apontamentos sobre a perspectiva de produção de materiais didáticos por educadores, encontrando empecilhos para sua realização, como a inviabilidade de produzir materiais diariamente, devido à questão do tempo disponível.

Contudo, isso não significa uma descrença no potencial que a produção de materiais didáticos pelos educadores apresenta, visto que as universidades têm como pressuposto básico desenvolver pesquisas nesse sentido. Isto é, produzir materiais didáticos com uma proposta reflexiva e transformadora, descompromissada com objetivos externos, mas fundamentados em um viés didático em que o rigor teórico não se sobreponha ao ideal de construção pelo estudante, mas também que não o negligencie (TEZZA, 2002).

Portanto, a vinculação de materiais didáticos segundo as seguintes concepções abordadas: a natureza do material, seu meio de suporte, ou mesmo a natureza do conhecimento e sua linguagem característica, perpassando um plano pedagógico; também se atrela ao campo da divulgação científica. Tal consideração advém do cerne da pesquisa, que envolve a veiculação de um conhecimento científico num material didático. Grillo (2013, p.

14) caracteriza a divulgação científica como atrelada aos princípios de “relações dialógicas entre o conhecimento científico e outras relações da atividade humana e cultural”, na qual o meio de diálogo é mediado, por parte de quem produz tal material, de forma responsiva e competente, levando-a a uma esfera pouco específica. Pois, abrange situações gerais, com certo grau de complexidade, aliando formas verbais e não verbais de apresentação.

Por isso, é importante estar atento quanto ao público receptor de tal material, com o objetivo de aliar vertentes da cultura científica que é de natureza complexa, como também aborda aspectos de natureza social, cultural, ética etc. Visto que é destinado tanto para pessoas que conhecem o meio científico e suas especificidades, como também em sua maioria se destina a um público diferenciado, que usufrui do desenvolvimento científico, mas que não está envolvida diretamente na sua produção. Contribuindo, então, para um processo de alfabetização científica, muito pertinente para uma sociedade que desenvolve ciência e promove pesquisa (GRILLO, 2013).

Esse processo de exteriorização do conhecimento científico da esfera de sua produção, para um público-alvo, também sofre modificações, que envolve tanto o uso de instrumentos, como também técnicas a serem utilizadas, dependendo do que se objetiva no processo. Ou seja, não se vincula a uma área de atuação, mas que se dividem de acordo com a finalidade da divulgação, tais como: gênero científico, didático (educacional) e o gênero da informação midiática. Havendo assim, um diálogo entre áreas, uma articulação entre linguagem e o meio social, com caráter discursivo (GRILLO, 2006).

No campo da ciência, a divulgação científica envolve produções destinadas a um público especializado da área do conhecimento, ou mesmo, de áreas próximas, ou seja, parte de um grupo restrito de especialistas, com o intuito de tornar visíveis as produções científicas para outros grupos de especialistas. No campo educacional, didático, é voltado em sua maioria para estudantes, havendo também essa preocupação em tornar acessível as produções acadêmicas e científicas, tendo em vista os processos formativos desse público, para que possam também atuar na produção de conhecimento científico. E, dentro desse campo estão presentes os livros didáticos, paradidáticos, nas atividades em sala de aula, como meio de atuação da divulgação científica. Por fim, no campo da informação midiática, notícias, informações são geradas para um público leitor mais amplo, que não se tornará, necessariamente, um produtor de saberes científicos. E sendo veiculado em diferentes ferramentas tecnológicas, numa linguagem acessível, conhecida como jornalismo científico (GRILLO, 2006).

Fica evidenciado então, segundo ao exposto, a relação de como um saber científico é veiculado num recurso educacional, para sua disseminação. Levando para o contexto escolar, o estudante estará se preparando para compreender a forma comunicativa dessa área de conhecimento, compreendendo seu discurso, seu padrão de linguagem, seus objetivos e impactos. E, com isso, as manifestações do saber científico de forma racional e reflexiva num contexto mais abrangente, além do que eles estão sendo ensinados em sala. Agora, num contexto, em que o saber científico é veiculado para um público bastante heterogêneo, as nuances e o rigor científico são modificadas, de forma a tornar possível sua compreensão. Além de que seus objetivos se tornam diferenciados, como por exemplo, o de transmitir as produções científicas para um público amplo, pois, estes se tornaram de certa forma, legitimadores dessa produção. E isso, se remete de levar em consideração a opinião pública. No último ponto referenciado, historicamente o advento da imprensa permitiu a difusão de saberes para o cotidiano, passando das cartas, até as produções mais elaboradas. E, logo, ao manifesto do público sobre a ciência (GRILLO, 2013).

No século XX, a imprensa começou a abarcar o estilo polêmico, assim como na discussão polêmica sobre o papel da ciência. E, no decorrer desse período, houve incentivos do governo sobre a pesquisa científica nas instituições de ensino superior. Tanto para alavancar o desenvolvimento econômico e tecnológico do país, como também estimular o espírito científico na juventude. A imprensa e jornais destacavam seções para divulgar saberes científicos, e alguns deles em seus propósitos, além dos mencionados anteriormente, como uma forma de contribuir para o ensino de ciências na educação básica. Então, observa-se que existiu ao longo da história, uma série de produções destinada ao ensino superior, claro, para uma classe muito específica: a letrada. Enquanto que no ensino regular a massa populacional não era o foco. Mas, logo isso foi se modificando, com a imprensa inserindo em seus periódicos, manifestações científicas, tendo em vista a conjuntura política em voga, bem como no cenário mundial. Ou seja, promovendo um cenário onde a divulgação científica se torna importante parte da ciência, e no fomento à proposta crítica e reflexiva da opinião pública sobre as mesmas (GRILLO, 2013).

Dessa forma, a divulgação científica possui em sua natureza um processo dialógico pautado sobre a ótica de sua manifestação em diversos gêneros, segundo a forma de comunicação, o teor de linguagem, na atuação em diversos contextos e situações. Podendo com o tempo serem modificadas, “traduzidas” diante de pressupostos políticos, sociais para quem se dirige. Ficando visível seu aspecto pertinente e útil para o processo de ensino, independentemente se é no ensino básico ou superior. Sua importância para a sociedade

contemporânea ilustra a preocupação com estudos diante de materiais que abordem a divulgação científica e as suas diferentes manifestações.

3.2 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: PROCESSO FUNDAMENTAL NA ARTICULAÇÃO DOS SABERES.

Na seção anterior foram abordados os pontos pertinentes na concepção e produção de materiais didáticos e a importância da divulgação científica como elemento articulador dos saberes científicos em diferentes esferas de atuação. Fazendo, agora uma breve análise acerca da linguagem científica, esta é calcada de um grande formalismo, e de características que a tornam particulares, existindo, assim, diferenças entre ela e a linguagem cotidiana. Pois, a linguagem cotidiana se baseia em situações lineares e complexas, com caráter narrativo e de fácil compreensão. Em contraste, a linguagem científica, em sua essência, tende a modificar a linguagem do cotidiano, destituindo-a de sua base geradora de forma a descontextualizá-la. A isso se chama de nominalização, processo de mudança da estrutura da linguagem, tornando-a lexicalmente densa, sem a perspectiva de um narrador, onde os processos se interconectam com verbos. Enquanto que na linguagem cotidiana a inferência do narrador é frequente e natural, apresentando uma lógica linear dos processos. Assim, é necessária uma maior atenção para a compreensão da linguagem científica, comparada com a linguagem cotidiana, e isso não é tão simples assim. Por isso a dificuldade de compreensão dos pressupostos científicos. Então, diante do exposto, é necessário à busca de elementos que possibilite a sua melhor aprendizagem e que permita a compreensão dos conhecimentos científicos, e também da sua linguagem (MORTIMER; CHAGAS; ALVARENGA, 1998).

Então, a difusão do saber científico, rigorosamente produzidos pelos ditos especialistas, para o meio educacional e até mesmo para a sociedade como um todo é diferente do que fora inicialmente elaborado. Conforme assumido por Chevallard (2013, p. 9) de que “corpos de conhecimentos, salvo as devidas exceções, não foram feitos para serem ensinados, mas sim usados”. Assim, o processo de ensinar é uma prática artificial que angaria elementos para torná-la pertinente ao seu devido fim, a qual se chama transposição didática. Isto, certamente advém de que tais corpos de conhecimentos, não são postos de forma completa ao contexto do seu ensino, mas sim em fragmentos, onde cada contexto limitará a utilização desse saber, segundo critérios próprios. Então, para tornar esse saber um saber a ser ensinado, primeiramente, é preciso transformar esse corpo de conhecimento em um todo

organizado e de alguma forma integrado. Esse corpo de saberes que veio justamente de conhecimentos precedentes que foram produzidos para serem usados, como os produzidos por centros acadêmicos, pesquisa, e também por cientistas, quando levados para o âmbito educacional e social é dado a estes um estatuto de legitimidade. Ou seja, tornar o conhecimento legítimo, não apenas como forma utilitária, da sua relevância e de como usá-lo, mas sim do reconhecimento social dado a esse corpo de conhecimento. Em segundo lugar, é importante compreender que o conhecimento acadêmico comporta esse corpo de saberes utilizados, e também para a produção de novos, onde cada contexto particulariza-os.

Partindo-se do pressuposto de que Chevallard se remete ao processo de mudança do saber sábio ao saber ensinado, tendo como foco o saber científico. Dito em outras palavras, o foco dado por esse autor, advém das transformações sofridas do conceito científico baseado no saber sábio que é legitimado epistemologicamente, para ser legitimado socialmente. Tendo, então, consciência de que o estudo desse teórico se voltou para a didática da matemática, apresentando características particulares dessa área. Em contraste, Chevallard não é o único teórico a estudar sobre isso, porém para o seguinte trabalho não se encontra pertinente destrinchar todas essas visões e concepções (MARANDINO, 2004).

Assim, segundo Chevallard (1991 apud Menezes, 2006) existem certas exigências que torna o saber ensinável. Perpassando pelas seguintes características: (i) a dessincretização do saber, que corresponde ao processo de tornar os saberes em saberes parciais, sendo retirados de sua forma intrincada; (ii) despersonalização do saber, que corresponde ao deslocamento do saber de seu âmbito de produção, de inferências do pesquisador e do contexto; o que em determinadas situações essa separação não é absoluta, visto que o pesquisador também influencia seu meio, logo não é apenas um coletor de dados em um determinado campo de estudo; (iii) a programabilidade da aquisição do saber, que corresponde a programação dos saberes segundo uma organização racional e sequencial, que exista essa construção com uma nova roupagem, textual; (iv) a publicidade e controle social das aprendizagens, correspondem aos processos explícitos de elencar os saberes a serem ensinados e no tempo requerido para isso, bem como no controle acerca de como se deu a aprendizagem. Logo, compreender se houve o processo de transformar o saber sábio em saber ensinado. Assim, percebe-se a relação adaptativa de saberes, não no sentido de vulgarizar o saber científico, mas torna-lo legível no espaço escolar e até mesmo acadêmico.

Além disso, a relação que existe entre a produção de saberes pela esfera científica, por instituições governamentais como um todo, universidades, centros de pesquisa, cientistas, responsáveis por tal processo, como já citados, são chamados pelo teórico em questão de

noosfera. A sociedade, seguindo esse raciocínio, não é isenta de sua manifestação sobre a transformação do saber sábio para o saber a ensinar, seja a curto ou a longo prazo, o que vai depender também das áreas científicas em particular. Logo, segundo Chevallard, áreas como: química, física, biologia, matemática, tendem a sofrer menos influência social na noosfera, se comparada a outras ciências chamadas de sociais. Claro que para compreender tal concepção, é preciso levar em consideração aspectos da natureza do estudo desse autor, a didática da matemática, e no contexto social e histórico vividos por ele. O que para outras culturas tal visão possa não ser semelhante (MENEZES, 2006).

Por fim, analisando todos esses pontos, existe no seu cerne a distinção entre a transposição didática externa, que promove a articulação da noosfera com o saber a ensinar, e a transposição didática interna, do saber a ensinar ao ensinado, onde a figura do professor é importante. Ambos os processos não são separados, mas se integram. Pois, muitas vezes os professores não lidam com conhecimentos produzidos originalmente, mas os transformados pela noosfera, presentes em livros didáticos, manuais e afins. E, estes podendo sofrer certas manipulações do saber. Por isso, é pertinente saber que essa distinção entre transposição didática interna e externa, vem das etapas da transposição didática, seja acerca dos diferentes atores que os produzem, e principalmente podendo compreender como e o porquê fizeram e assim melhor usar na realidade em sala de aula. Podendo, por fim, acarretar em sucessivas transposições. (MENEZES, 2006; NEVES; BARROS, 2011).

Sendo assim que o seguinte trabalho tem como uma das finalidades metodológicas produzir um material didático que aborda conceitos científicos, que foram transpostos de livros didáticos acadêmicos. E, que por si só também sofreram processos de transposição didática. Mostrando que tal processo não é algo tão raro de ocorrer.

3.3 METALINGUÍSTICA: A NATUREZA DISCURSIVA E DIALÓGICA DA LINGUAGEM.

O discurso e o diálogo são temas desenvolvidos e fundamentados nas obras do russo Mikhail Bakhtin e seu círculo, por volta de 1920, chamado de teoria dialógica da linguagem. No qual, segundo Grillo (2013) tal círculo se caracterizava por um conjunto de artistas e intelectuais de variadas áreas, que voltados para a natureza do discurso em obras literárias, a expandem para outros contextos da atividade humana como o científico, publicitário, midiático e religioso. Promovendo assim, uma área de vasta importância e extenso estudo, no qual o campo da metalinguística ganhou uma base sólida nos anos 1960. Os trabalhos de

Grillo (2013) e Jimenez (2005) ilustram esse arcabouço teórico, e darão subsídios para melhor compreender tais aspectos que tangenciam a teoria dialógica e discursiva.

De acordo com Grillo (2013), Bakhtin ampliou a noção de sua teoria para outros gêneros além do literário na qual estudou intensamente, por meio de específicas modificações, dependendo do meio da comunicação verbal, chamada de enunciado, bem como dos diferentes autores do discurso. Ou seja, existe no fundamento da tese desse pensador a noção da teoria dialógica do discurso por diferentes interlocutores. O diálogo, nessa vertente, se configura como um fenômeno da linguagem, e que por isso é de natureza semântica, logo dotado de valores e sentidos, chamados de relações dialógicas. Pois, como existem diversas esferas da atividade humana, dotada de diferentes valores e papéis sociais, isso vai remeter a certos tipos de enunciados e discursos. Bakhtin a princípio classifica em dois tipos de gêneros: o primário (baseada em situações cotidianas e espontâneas, como a fala, a carta), e o gênero secundário (baseada em situações mais complexas e elaboradas, como a escrita); que permeiam um caminho que se articula de forma profunda na natureza humana. Dessa forma, os gêneros secundários, e também da língua escrita, nada mais são do que as expressões das relações de diálogo realizadas no cotidiano. Porém, de forma complexa e transformada para se adequar ao estilo do gênero.

Isso significa dizer que, os sujeitos, pessoas reais, dotadas de sua individualidade, inseridos num contexto social e histórico específicos, promovem e articulam uma linguagem, através do pensamento, e externalizam para outro interlocutor. Que, este de forma pertinente, mobilizará sua fala, havendo esse diálogo entre pares. A linguagem, seja ela falada ou escrita, é adequada de acordo com: o contexto usado, sua intencionalidade, sua ideologia, bem como se adapta ao tipo enunciado a ser veiculado (JIMENEZ, 2005).

Contudo, como a comunicação é a matriz que gera a linguagem, por meio dessa interação verbal, ela não é concebida meramente como um instrumento, de externalização da palavra a um interlocutor. Para o círculo, a comunicação significa o processo de expressar-se em relação ao outro, uma dinâmica que se entrelaça de forma significativa em conjunto. A isso, se deve a característica ativa do interlocutor no processo comunicativo, bem como em sua realidade concreta, pois a interação por existir entre pares mobilizará uma atitude no interlocutor, que também influenciará no enunciado, logo, não é um receptor passivo. Ao contrário, tudo isso torna simbólico e real tais interações dos participantes do enunciado (MOLON; VIANNA, 2012).

Assim, percebe-se que para Bakhtin (1997|1963| apud Grillo, 2013), remete-se a estudar as relações linguísticas da língua em sua realidade, a metalinguística, que para o autor

não devem ser confundidas, a metalinguística e a linguística, como se fossem uma coisa só. Pois, a metalinguística é voltada para os aspectos de diálogo, e mesmo que se atrele a língua, ainda se torna bem mais amplo e geral, pois se volta para seus aspectos linguísticos em sua concretude, ou seja, na realidade, no contexto em que foi enunciada. Em contraste, a linguística visa o estudo de enunciados, quando estes são levados fora de sua esfera de uso original, enquanto unidades da língua, dotados de certo caráter que se encontra intrínseco na mesma. Um exemplo disso seria o estudo da gramática, acerca das estruturas que regem a língua (RIBEIRO, 2014).

Assim, metalinguística e linguística veem a se bifurcar no discurso, na palavra, sobre diferentes ângulos. O que significa dizer que, o objeto de estudo da metalinguística volta-se para os diferentes tipos de diálogo, tendo a palavra configurada nesse processo. Com isso, pode-se dizer que, embora tal dialogismo advenha entre interlocutores inacabados, o que significa dizer em sujeitos em constante desenvolvimento; a fala só se complementa se válida nessa relação com o outro. E, é possível estender seus domínios, para também com o diálogo do autor sobre a sua própria fala. E, assim, para os contextos gerais e complexos, como os literários, que traduzem uma complexa gama de ideologias e formas de manifestação do social, no diálogo de diversos interlocutores, personagens. Esse foco pluriestilístico, de obras literárias, compõe um vasto conjunto de características que permitem com que seus domínios sejam extrapolados para outras esferas (JIMENES, 2009; GRILLO, 2013).

A metalinguística, sendo assim, um campo voltado para a complexidade de seus enunciados concretos, reais. Bakhtin, não se volta para seus estudos de significação de seus enunciados, mas sim para o seu sentido, maneira como a linguagem se realiza e dialoga com enunciados, enfim na sua interação verbal. Por isso, se remete ao seu aspecto comunicativo em vez do que era preconizado pelos linguistas do século XIX, que estudavam as unidades da língua, como aspectos ideológicos, unidades abstratas (RIBEIRO, 2014).

Isso significa então, um estudo pertinente acerca dos gêneros que compõe tal meio, ou seja, o discurso que o enunciado apresenta, advindo de pares. Ou mesmo, de natureza interna, de um falante sobre sua própria fala dotado de sentido e significado real. Pois, é uma produção humana e social, mas que não se restringe a ela. Podendo assim, gerar a criação de outras vozes e outras falas, sem, contudo, mudar a forma, sentido do enunciado como todo. Sendo, por isso que o discurso é o diálogo vivo, mutável na concepção do teórico russo (JIMENEZ, 2005).

Então, nessa orientação em que o discurso se apresenta no contexto cotidiano, como dotado de sentido, que podendo ser não apenas de um sujeito para o outro com a qual se dirige

o enunciado, mas para o outro discurso, a palavra alheia. Bakhtin classifica em três tipos de discursos presentes: 1) palavra orientada para um referente; 2) palavra voltada para diferentes variações de um discurso (pessoa representada); e 3) palavra em duas vozes (bivocal). Essa terceira, ainda apresenta diversas orientações: discurso bivocal de orientação única (narração do narrador, por exemplo), discurso bivocal de orientação vária (paródia, por exemplo), e o discurso refletido no outro, onde a palavra do outro influencia o autor (réplica do autor, por exemplo). E, isso abarca as diferentes vozes no discurso, os falantes e o contexto em que estas decorrem, com suas nuances e especificidades de cada esfera da atividade humana (GRILLO, 2013).

Segundo defende Grillo (2013), nos trabalhos de Bakhtin de 1950, o conceito de gênero do discurso ganhou destaque, estabelecendo seus principais aspectos, sua junção no que se refere a interação verbal e os tipos de enunciados. Classificando “o gênero como um tipo relativamente estável de enunciado” (p. 31). E, sendo assim, sua noção deve permear por todos os âmbitos que tangenciam a metalinguística, mas que também a extrapolam.

Um ponto em que os diversos gêneros se encontram, advém do seu campo de atuação, da esfera da atividade humana, e os diferentes estilos que um gênero pode apresentar. Logo, na mobilização das funções representadas nesse processo, tais como: científica, técnica, ideológica. Onde, retoma uma evidência apontada anteriormente: a importância do contexto social e histórico em que os interlocutores estão vivenciando. E, mais do que isso, enxergar as estruturas de determinados tipos de enunciados. Assim, Bakhtin concebe as esferas da atividade humana como manifestações de diferentes gêneros. E, que por meio dessas esferas/campos, os gêneros devem ser classificados, bem como seus múltiplos estilos (GRILLO, 2013).

Esses estilos se remetem a manifestação da língua que um gênero pode apresentar. Da mesma forma, como um gênero pode dar lugar a outros gêneros, mediante a mudança temporal, social e da influência cultural de uma determinada esfera. Essa heterogeneidade, aliada aos aspectos temporais e espaciais, chamadas por Bakhtin de cronótopo, retomam a característica de obras literárias. Na qual, o romance permite tal manifestação de forma profunda, e que possibilitou os trabalhos do círculo na fundação das bases de uma metalinguística no início do século passado. Com isso, pode-se concluir que é no cronótopo que se configura o enredo dos romances, onde decorrem os eventos e ações das histórias e dos personagens (JIMENEZ, 2005; GRILLO, 2013).

De fato, a análise que Bakhtin faz acerca das obras do escritor russo Fiódor Dostoievski (1821-1881) permitiu observar uma presença única de características variantes da

língua, o diálogo. A polifonia, sendo a rede de interação entre os personagens e da construção de seus significados, por meio das palavras. Por exemplo, a interação dos personagens uns com os outros, e por vezes com o próprio leitor, levando para o gênero literário, e onde Dostoievski contemplou de forma inovadora em suas obras. É nesse sentido, que se trata do estudo sobre os aspectos arquitetônicos e composicionais de diferentes gêneros, aspectos de suma importância para Bakhtin, e que não devem ser confundidos entre si. Em que, os preceitos estéticos, composicionais entram no esboço da atividade organizacional dos conteúdos, do texto, bem como do estilo do autor. Logo, mais do que categorizar as falas de personagens, criando um caminho, com começo, meio e fim, composicionalmente delineados. É preciso notar seus aspectos de conclusibilidade dado ao autor acerca do enunciado, e como os personagens refletem tal dinâmica a ponto de ganhar um grande destaque e protagonismo, carregado de simbolismo e significados ideológicos. Existe na relação de métodos composicionais com a sua forma arquitetônica, e que se manifesta no gênero. Enfim, cada gênero abarca uma estrutura específica que advém da relação entre o contexto social, histórico, e da natureza semiótica das ideologias que permeiam tal enunciado (SCHAEFER, 2011; GRILLO, 2013).

Existe uma ampla gama de variantes que influenciam o caráter artístico literário, como a forma arquitetônica. Esta se remete ao conjunto de valores, processos e estrutura de um discurso, ela é uma atividade artística de caráter estético. Pela qual não seria pertinente voltar-se para ela, através de um estudo com vista a uma análise positivista e redutiva, como crítica Bakhtin, já que reduziria as obras de arte, objetificando o personagem. Tanto o aspecto mencionado, assim como em parágrafos anteriores, expõe a relação aos aspectos conclusivos, de acabamento dos personagens dado pelo autor. Esse acabamento pode ser de natureza participativa, na qual o autor não interfere na fala dos personagens, de forma a descaracterizar o mesmo; e sua dinâmica no enredo da história, com o uso de inferências por parte do autor. Como era comum em romances antigos, de natureza monológica, onde a voz do escritor é predominante, e que Dostoievski, com suas obras desenvolveu de forma contrária à sua época, apresentando o enriquecimento do personagem, e seu protagonismo. Logo, o autor não se torna o centro do acabamento do tema no enunciado, com seu discurso monológico, ele coaduna-se e permite a liberdade dos personagens, que se tornam os sujeitos em destaque. Em contraposição ao contexto literário, o científico é pautado num discurso de acabamento em que o autor cientista se destaca, seja como produtor ou como divulgador, bem como suas inferências. Sendo assim, desejável que o mesmo insira sua conclusão de forma pertinente. E,

isso mostra então, a relação de gênero e estilo subordinados ao contexto do enunciado (SCHAEFER, 2011; GRILLO, 2013).

Paralelo, a isso, existe nos estudos de Bakhtin sobre as obras de Dostoievski, além do estudo de diálogo, polifonia, como mencionado, também apresenta a carnavalização. Que de forma sintetizada, representa as variantes satíricas de enredos, segundo pressupostos, de criticar, ridicularizar uma situação séria, desmoralizar o moral por meio do humor e ironia. Isso, num contexto em que Dostoievski conseguiu, com brilhantismo, trazer esses elementos em suas obras, porém de forma variável e numa frequência própria de acordo com o enredo das histórias. Com uma riqueza de reflexão e consciência, diferenciado estas dos gêneros satíricos arcaicos (SCHAEFER, 2011).

Assim, como existe uma relação entre a construção e estruturação dos gêneros, no enunciado, e com isso, a característica dos seus aspectos composicionais e arquitetônicos, levando à configurando de seus estilos. É claramente possível gerar um direcionamento consciente para um destinatário específico, como se de antemão caracterizasse seu perfil de público, para torna-lo assim um processo dialógico pertinente para esse interlocutor. Ou seja, pensar sobre o estilo de gênero e em seu contexto, bem como, o nível de entendimento desse interlocutor, e sua possível reação sobre a mesma. Significando, então, que esse processo dialógico, deve ser devidamente planejado e adequado. E, mais do que isso, tal processo não nasce espontaneamente, precisa ser gerado, criar uma base fecunda para sua manifestação. Do contrário, seria apenas um estilo monovocal, de mão-única, não possibilitando esse elo de interação (GRILLO, 2013).

E, continuando ao exposto, Volóchinov (1981 |1930| apud Grillo, 2013) desenvolve a noção de que o estilo de um gênero é determinado pela orientação social e pela situação. Sendo a situação constituída de três elementos que são tidos como subentendidos, (i) o espaço e tempo (cronótopo), (ii) o tema do enunciado, como fora já mencionado, e (iii) a avaliação dos leitores diante dos acontecimentos. Ou seja, a situação está na base na construção do enunciado e em seu sentido. A orientação social, em consonância, refere-se aos aspectos hierárquicos, o papel social exercido pelos interlocutores do enunciado. Enfim, Volóchinov abarca a noção do estilo do gênero ser relacionado à interação social entre interlocutores, e a ampliação do conceito dado por Bakhtin advém de haver um fundo aperceptível desses interlocutores na construção da fala condicionada pela fala do outro. Logo, “de uma dupla relação de enunciados, como resposta a enunciados anteriores e a antecipação de enunciados posteriores, como resposta ativa dos destinatários” (p. 44), possibilitando sua relação à enunciados futuros e da adequação do gênero ao tipo de manifestação social. Ou seja, levando

em consideração o estilo de um determinado gênero subordinado a aspectos externos da língua, que se encontram nas relações sociais, e da influência do espaço, do tempo, da cultura e das características subjetivas dos interlocutores.

Por fim, o aspecto do conteúdo temático, como mencionado em parágrafos anteriores, mas focalizando agora na sua importância enquanto a relação dos enunciados com o objeto de sentido do mundo, dos temas que abordam a realidade. Isso significa dizer que, como os gêneros comportam seus estilos, como fora mencionado, e que nada mais são do que a mobilização de recursos de sentido de sua mensagem e linguísticos, tais como: lexicais, gramáticas, fraseológicos. E, como esses recursos são adaptados de acordo com a influência do destinatário. Da mesma forma como sua associação a outros enunciados de uma determinada esfera social, e o grau de standardização dado, logo da possibilidade de um diálogo com um acabamento parcial. Podendo, por exemplo, citar o gênero científico, pois, por possibilitar esse aspecto de inacabamento de sentido, permitindo uma interação mais forte e significativa dos locutores e seus aspectos subjetivos, em contraste com gêneros mais standardizados. Essa standardização mencionada se refere ao grau de normatização que um determinado gênero apresenta, sendo mais diretivo e caracterizado pela pouca presença de vozes. Logo, pode-se inferir que gêneros mais standardizados, apresenta pouca participação de locutores (GRILLO, 2013).

Enfim, dada à importância do que foi exposto até o momento, existe na gênese desse arcabouço teórico, aspectos a serem analisados. Que, do ponto de vista histórico permeou por todo campo da metalinguística, estudados por Bakhtin e o conjunto de autores do seu círculo. Os aspectos levantados durante essa breve revisão: Enunciados, esferas, a relação entre gêneros primários e secundários, o tema, o estilo, aspectos composicionais e arquetônicos de certos tipos de gêneros, polifonia; evidenciam uma discussão profunda acerca da natureza discursiva e dialógica da linguagem. E, sendo possível uma análise e discussão de obras que sejam inseridas num determinado contexto. Mostrando que a mesma apresenta elementos que extrapolam a esfera da língua, e que nela, subjaz o diálogo vivo e inacabado.

3.4 ATIVIDADES LÚDICAS: A LITERATURA EM DINÂMICA COM AS CIÊNCIAS.

A atividade lúdica seja como prática social e educativa é extremamente importante nas diversas modalidades de ensino. Pois, ao relacionar o processo de ensino e aprendizagem às situações dinâmicas, prazerosas, estimulantes e interativas, angariam mais possibilidades de aprendizagem. Tal proposta pode apresentar um grande impacto no ensino superior, devido a

necessidade de mobilizar nos futuros profissionais a capacidade de não apenas conhecer o saber técnico. Mas também as competências e habilidades inerentes ao seu processo formativo, logo, no que estes irão possivelmente atuar. O lúdico, quando usado de forma mediada e planejada pode possibilitar esse entrelaçamento; se mostrando extremamente inovador, em frente a diferentes realidades. Seja por meio de jogos, dos filmes, da literatura, do teatro e afins. Contudo, mais do que uma série de atividades que podem ser concebidas erroneamente como meras brincadeiras, elas devem ser tidas como elemento cultural, de socialização do ser humano e pensadas cuidadosamente (MACHADO; WOJCICKOSKI, 2017).

No que tange ao aspecto do lúdico na forma de literatura, foco deste trabalho, ela apresenta interessantes apontamentos. Nas quais, segundo Almeida e Ricon (1993), textos literários têm aspectos que os fazem se aproximar dos leitores, como a cativação pelas histórias desenvolvidas; por transparecer principais visões e opiniões de forma mais profunda e natural; em sensibilizar o leitor diante das ações tomadas, levando à um processo reflexivo no mesmo. Da mesma forma possibilitando um elo mais íntimo, transportando-os para fora do contexto (tempo e espaço). Essas características singulares da literatura podem ser levadas a diferentes situações de compreensão da realidade e do saber preconizado. Da mesma forma encontra-se alguns empecilhos para a sua melhor efetivação; tais como: as dificuldades de se trabalhar textos literários em sala de aula, e de engajar os estudantes nas atividades com tais textos, graças a diversas relações que os mesmos podem ter com a leitura (uns mais íntimos do que outros). Mas, para os autores mencionados, uma forma de melhor utilizar os textos literários em sala, seria no uso controlado e gradativos desses; trabalhando-os sobre uma ótica diferenciada, divergindo da abordagem dos materiais que já são comumente usados no ambiente educacional.

No que se refere ao entrelaçamento de dois âmbitos que a priori parecem tão distantes entre si, ciência e literatura, que é o objetivo de uma série de estudos ao longo do tempo (GALVÃO, 2006; ZANETIC, 2006a; ZANETIC, 2006b), mostram que tais linhas na verdade se entrelaçam de forma sinuosa. Além disso, as bases da teoria dialógica da linguagem e da esfera campo, discorridos na seção anterior, são pertinentes no processo da análise dos gêneros de determinadas esferas sociais e da característica dialógica dos mesmos. Enfim, compreendendo essa relação entre esferas da atividade humana, científica e literária, como elas dialogam entre si, mobilizando uma série de características e estilos próprios. Com novas funções em seus enunciados, presentes em seu discurso.

Além disso, na seção 3.1 foi brevemente falado sobre a divulgação científica e como ela se atrela ao campo do jornalismo e da didática. Enfatizando-se agora a literatura de divulgação científica é interessante observar que livros didáticos e os de divulgação científica são diferentes em todos os sentidos, na sua forma de organização, nos seus objetivos, mesmo se o público alvo aos quais são destinados, não seja tão diferente entre si. Ou seja, a literatura lida com conteúdos humanizadores, carregado de um discurso poético e artístico. Enquanto que o gênero científico apresenta uma objetificação de fenômenos utilizando a lógica e racionalidade para tornar suas conclusões gerais e tangíveis para a maioria dos eventos a que se aplica. A homogeneização de ambos os gêneros, o literário e o científico, traz como principais características, o processo de analogização de conceitos científicos com caráter poético, e com um grau de lirismo e sofisticação próprios da literatura. E nessa perspectiva, é importante levar em consideração a existência de requisitos necessários para a sua compreensão, podendo então, não ser entendido para uma determinada parcela do público. Ou seja, pode não ser significativo para quem ler tal gênero (PINTO, 2007).

Isso não significa que o potencial dessa junção, ciência e literatura, seja deslegitimado e pouco útil. Ao contrário, significa um processo que permite e possibilita o desenvolvimento do potencial criativo, da imaginação, o que não é muito diferente do que os cientistas ao longo da história fizeram. Ou seja, esse argumento mostra a importância dessa junção, expõe a característica da natureza humana, complexa e criativa, e que se válida dos saberes científicos que são pertinentes para o entendimento dos fenômenos. Mas, em contraposição, também não significa, que a ciência é incompreendida e que para se tornar legível necessita de subsídios para as mesmas. É obvio que o conhecimento científico é indispensável, e que é possível sua compreensão. Porém, partindo de um enfoque multidimensional, é vantajosa essa retomada da ciência sobre a perspectiva lúdica. Tornando-a fluida, tendo a sua rigorosidade presente, porém angariando o seu contexto gerador, ou seja, o contexto de sua formação, tornando tal compreensão relevante (GALVÃO, 2006).

Ainda, segundo Galvão (2006), essa diferença que se apresenta num discurso científico e literário, é possível perceber as várias perspectivas acerca do conhecimento em questão, devido essa diferença inerente das mesmas. É possível analisar obras, sobre as seguintes perspectivas: como é a ciência na narrativa e suas múltiplas dimensões, as culturas que se interagem e o que se ganha com sua multidimensionalidade, as dimensões social e literária e como uma se beneficia da outra, como a subjetividade permeia pelo que se é analisado até o saber científico. Ilustrando assim, um estudo de obras literárias que tanto podem abarcar conceitos científicos nelas, como também, obras que não tem o objetivo de

tratar especificamente saberes científicos, mas outras questões que se entrelaçam a complexidade humana.

O trabalho de Zanetic (2006a) demonstra bem o ponto suscitado, acerca da relação de conteúdos científicos em obras de literatura geral, que é para este autor uma forma de aliar a ciência com a arte, no seu ensino, pois ela não pode ser desvinculada dessas instâncias, bem como do meio social em que se encontra. E, essa relação da ciência e literatura, não parte apenas de obras de divulgação científica explicitamente, como quando o cientista desenvolve obras com teor científico para um grande público, por exemplo, mas abrange também para os escritores que apresentam esse viés científico. Por isso, a necessidade em possibilitar um ensino coerente sobre leitura e escrita, para que tal processo seja significativo.

E, Zanetic (2006b) ainda frisa essa aproximação entre a ciência, que no seu trabalho remete-se a física e a arte, como literatura e afins. Esse trabalho abrange uma série de escritores com “veia científica”, tais como, Dostoiévski já mencionado anteriormente, Edgar Allan Poe etc., por exemplo. Essas obras são calcadas tanto de uma grande discussão de preceitos científicos de sua época, como preceitos humanísticos. Ou seja, por questões de natureza complexa e real, a ciência se encontra atrelada aos aspectos da vida, por isso a necessidade de sua melhor aproximação no que se refere ao ensino.

Por fim, fazendo agora, uma aproximação ao contexto literário, podemos aproximar dos escritores mencionados no parágrafo anterior, sua veiculação em gêneros narrativos curtos, chamados de contos. A sua vantagem como tal gênero advém de apresentar: (i) objetividade no discurso, (ii) espaço e tempo bem delimitados, pouco variando no decorrer das cenas, (iii) número reduzido de personagens se comparados com um romance. E isso para um contexto a ser aplicado acaba sendo útil para leitores não tão habituados a uma leitura densa e complexa. E também por parâmetros temporais que também refletem na dificuldade de inserir obras literárias como um todo em salas de aulas, principalmente no ensino superior. Enfim, pelo fato de os contos permitirem essa veiculação de conceitos, é mais fácil de compreender sua inserção no enredo da história e pela relação dos personagens com eles (ROSA; ROSA; LEONEL, 2015).

Então fica perceptível que essa relação se torna muito interessante para o contexto de ensino, obviamente quando este é mediado de forma pertinente pelo educador. Pois da mesma forma que pode contribuir para estabelecer relações prévias nos estudantes, se usado de forma inadvertida pode também gerar dificuldades e obstáculos na aprendizagem.

3.5 CONCEITOS CIENTÍFICOS: UMA VIAGEM PELA TERMODINÂMICA.

Por fim, diante de todos os pontos suscitados e discutidos anteriormente, essa seção se remete a abordar os conceitos científicos escolhidos na produção do conto. Tal escolha advém da necessidade de compreender os aspectos que tangenciam o desenvolvimento da termodinâmica aplicada à química. Como também, da necessidade de entender seus principais conceitos e sua importância, familiarizando-se com seu formalismo matemático.

Então, a termodinâmica, de forma geral, estuda as várias propriedades de sistemas e suas relações em equilíbrio. Seu fomento e produção provêm desde o século XIX, muito antes do desenvolvimento da teoria atômica, pois devido ao caráter empírico da termodinâmica, ela independia dessa teoria. Sendo aplicada a fenômenos práticos e macroscópicos, chamada de termodinâmica clássica. Obviamente que, com o desenvolvimento da teoria atômica e molecular, no final do século XIX e início do século XX, a termodinâmica angariou elementos desta, possibilitando a presença de novos parâmetros que extrapolavam o lado puramente empírico dos fenômenos, ampliando os sistemas em estudo, sendo conhecida como termodinâmica estatística (MACQUARRIE; SIMON, 1997).

A termodinâmica estatística baseia-se em modelos moleculares e atua onde a termodinâmica clássica é limitada. Por isso, ambas em conjunto, fornecem subsídios e aplicações para diversas outras áreas da ciência. As leis da termodinâmica são um conjunto de princípios sistematizados aplicados a vários processos físicos e químicos. Tais processos ocorrem pelas trocas energéticas entre os sistemas e os seus arredores, principalmente na forma de calor (q) e trabalho (w) (MACQUARRIE; SIMON, 1997).

Para entender de forma aprofundada seus preceitos é importante compreender algumas definições importantes, como: sistema e vizinhança (arredores). O sistema é parte do universo sobre investigação, enquanto que a vizinhança refere-se a parte do universo que não se encontra no sistema, e é onde se faz os estudos referentes ao sistema. E, isso significa que tanto o sistema como vizinhança se relacionam, podendo-se mensurar o grau de interação de um para com o outro. Para isso, utiliza-se um conjunto de variáveis (MACQUARRIE; SIMON, 1997).

As variáveis de um dado sistema estão relacionadas à formulações algébricas denominadas equações de estado. Então, controlando-se tais variáveis, pode-se prever o estado do sistema, em qualquer estágio, bastando, conhecer as leis que regem esse sistema. Para início de estudo, é interessante o uso de sistemas mais simples, como por exemplo, o sistema gasoso, na condição de idealidade. A expressão algébrica para este sistema é

apresentada na equação 1, na qual P , V , R , T e n , representam a pressão, volume, constante da lei dos gases ideais, temperatura e quantidade de matéria, respectivamente. Assim, por meio dessa é possível compreender o estado do sistema e determinar variáveis específicas, controlando-se as demais (BALL, 2011).

$$PV = nRT \quad (1)$$

A equação de estado, que representa um gás com comportamento ideal, é bastante simples. Isto porque, os gases ideais são caracterizados por não possuírem interação entre as moléculas que participam do sistema, tendo ainda os tamanhos dessas moléculas desprezados, a ponto de serem consideradas partículas pontuais. No caso de sistemas com gases reais, onde as interações entre as moléculas são consideradas, bem como os seus volumes, a equação de estado que o representa terá um nível maior de complexidade, como por exemplo, a equação mostrada a seguir (equação 2), desenvolvida pelo físico holandês Johannes van der Waals em 1873 (BALL, 2011).

$$P = \frac{nRT}{V-nb} - \frac{an^2}{V^2} \quad (2)$$

Sendo, os coeficientes a e b parâmetros experimentais, na qual o coeficiente de van der Waals “ a ” representa a correção dada a pressão do sistema, relacionado as interações entre as partículas do gás, enquanto que o coeficiente “ b ” representa a correção do volume, relacionado ao tamanho das partículas no gás. Por fim, isso significa que a complexidade de uma dada expressão, resulta de uma análise mais próxima da realidade do sistema, enquanto que equações mais simplificadas apresentam limitações quanto a sua aplicabilidade já que simplifica muito o sistema. Obviamente, é importante considerar ambas as formas representativas, e não excluir uma em prol da outra (BALL, 2011).

A seguir serão destacados os principais conceitos que se entrelaçam especificamente com a Primeira Lei da Termodinâmica, tanto sua abordagem do ponto de vista clássico, como também do tratamento estatístico. E que serão destaques no material a ser elaborado. No entanto, sabe-se que são três as leis da termodinâmica, que dão suporte para as diversas áreas da ciência. Porém, como mencionado apenas a primeira lei foi utilizada. Mas, de forma geral, tais leis, podem ser sintetizadas da seguinte forma: (1) em um sistema isolado, no qual não há troca de matéria e energia com sua vizinhança (arredores), a energia total do sistema (que é

uma função de estado) é conservada. (2) para um processo ocorrer espontaneamente, em um sistema isolado, a entropia do sistema deve aumentar. (3) A entropia absoluta se aproxima de zero à medida que a temperatura absoluta (medida em Kelvin) se aproxima de zero, para um cristal perfeito.

3.5.1 Energia Interna: Conceito Clássico.

A energia interna, também chamada de energia total, é uma variável representada pela letra U, simbolizando as formas de energias presentes no sistema. A mesma é uma função de estado, ou seja, depende do estado do sistema (inicial e final) e não da forma como este chegou a tal estado. Assim, qualquer grandeza que é uma função de estado pode ser representada em termos da sua variação. Neste caso, a variação de energia interna é representada por meio de ΔU , ou mesmo dU para variações infinitesimais da energia do sistema. É possível determinar experimentalmente a variação de energia interna (ΔU), no entanto, não é possível determinar seu valor absoluto U. Isso porque, a energia interna caracteriza-se como toda forma de energia que compõe o sistema, seja ela química, eletrônica, nuclear, cinética, rotacional etc., sendo, por isso muito difícil elucidar todas essas formas de energia. No entanto, foi observado experimentalmente que variação da energia interna (ΔU), pode ser determinada em termos de duas variáveis que não são funções de estado, logo, que dependem do caminho tomado até chegar entre dois estados sobre investigação, o calor e trabalho, mostrado na equação 3. Essa relação é fundamental para a primeira lei da termodinâmica (BALL, 2011).

$$\Delta U = q + w \quad (3)$$

O calor (q) pode ser definido como uma medida da transferência de energia térmica de um sistema, identificado pela sua mudança de temperatura (T). Enquanto que o trabalho (w) é força requerida para deslocar um sistema de sua posição inicial, relacionado nesse caso, a variações de volume (V) dos sistemas. Ambos apresentam unidades equivalente de energia: O Joule. Além disso, dependendo do controle dado as variáveis do sistema é possível estabelecer novas relações algébricas que representam comportamentos diferenciados dos mesmos. Se o trabalho é representado como a variação de volume exercida por um gás, contra uma pressão externa P_{ext} , pode-se representar o trabalho evidenciado na equação 4, e inserindo na equação 3, obtém-se mais informações sobre o sistema, como mostrado na equação 5. E, considerando

a P_{ext} constante, e $P_{\text{ext}} = P_{\text{sis}}$ pode-se simplificar o sistema resultando na equação 6, (BALL, 2011).

$$w = - \int_{V_i}^{V_f} P_{\text{ext}} dV \quad (4)$$

$$\Delta U = q - \int_{V_i}^{V_f} P_{\text{ext}} dV \quad (5)$$

$$\Delta U = q - P_{\text{sis}} \Delta V \quad (6)$$

No caso, por exemplo, de sistemas adiabáticos, ou seja, onde não há troca de energia na forma de calor entre o sistema e a vizinhança, $q = 0$ e a variação da energia interna fica dependente apenas do trabalho, como mostrado na equação 7. Da mesma forma que, se o sistema estiver realizando um trabalho de expansão livre, ou seja, o trabalho de uma amostra de gás confinado numa região do sistema e expandido no vácuo, o trabalho é nulo e ΔU , se torna dependente do calor, como mostrado na equação 8 (MACQUARRIE; SIMON, 1997; BALL, 2011).

$$\Delta U = w \quad (7)$$

$$\Delta U = q \quad (8)$$

A energia interna também pode ser descrita em termos de sua variação infinitesimal, dU . Por exemplo, para um gás a energia interna pode ser relacionada a variáveis que melhor a descrevem como a T e V , logo, $U(T, V)$, como mostrada na equação 9. Ilustrando a contribuição da variação da energia interna em função da soma da derivação parcial de uma variável tomando a outra como constante (BALL, 2011).

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T dV + \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V dT \quad (9)$$

Além disso, tais exemplos podem ser explorados mais profundamente se o processo é reversível ou irreversível, que podem se relacionar na forma de expansão ou compressão de um sistema gasoso. Neste caso, processos reversíveis, decorrem de haver equilíbrios contínuos do sistema em cada estágio do processo, ocorrendo infinitos equilíbrios. Sendo, por isso, uma forma idealizada de representar sistemas, pois demandaria um tempo infinito para

sua realização. Contudo, tais processos são bastante estudados e conseguem representar o comportamento de sistemas, claro que limitadamente (MACQUARRIE; SIMON, 1997).

3.5.2 Energia Interna: Conceito estatístico

Para abordar o conceito de energia interna segundo a mecânica estatística, é importante compreender algumas noções básicas dessa área. Assim, como as características do estado de um sistema, do ponto de vista macroscópico, é bem definido em termos de variáveis físicas, tais como: pressão, temperatura, volume, por exemplo; aliando também, o conjunto de leis e princípios da termodinâmica clássica em sua resolução. Porém, interpretando do ponto de vista molecular (ou microscópico), o que se observa é a contribuição de cada partícula que compõe esse sistema. Como a mensuração dessas partículas não precisa ser tomada individualmente, mas sim o seu conjunto, devido à dificuldade de particularizar as energias de cada espécie envolvida. Logo, adentra-se no campo da estatística e da influência desse conjunto de partículas (moléculas, átomos), para a determinação das propriedades do sistema do ponto de vista de seus valores médios (BALL, 2006; ATIKINS, PAULA, 2008).

Ou seja, o sistema apresenta moléculas cujos níveis de energia são quantizados, estarão ocupando determinados níveis de energia. Mas essa ocupação não é fixa, visto que as partículas podem interagir ou não com as demais, caso se considere um sistema ideal gasoso, havendo colisões e trocas energéticas. Dependendo da molécula a energia pode ser capaz de realizar movimentos rotacionais, vibracionais e translacionais. Porém, mesmo o sistema sendo fechado, com possibilidade de transmissão de energia térmica entre as espécies, significa que com uma variação de temperatura, é possível as moléculas variarem em estados de energia maiores. Com isso a mudança dessas espécies de um estado de energia menor (ou fundamental) para um maior é mensurado (BALL, 2006; ATIKINS, PAULA, 2008).

Assim, com o desenvolvimento de técnicas espectroscópicas, da teoria quântica e do suporte da matemática estatística, foi sendo aperfeiçoada a parte da termodinâmica estatística que se centra no tratamento de sistemas com base na teoria molecular. Logo, ela faz uma ponte entre sistemas macroscópicos e microscópicos. As variáveis de estado, como a energia interna em questão, recebem um tratamento mais refinado. Para isso, é introduzida uma nova variável importante, chamada de função de partição (q), cujo símbolo não deve ser confundido com o calor. Sua definição está relacionada a distribuição de Boltzman, ou seja, na quantificação de estados de energia disponíveis por um sistema de partículas. Esses estados

de energia seguem os princípios da mecânica quântica da quantização de energia, bem como da natureza das partículas que estão nesses sistemas, e como elas podem ser distribuídas, chamada de configurações. Sendo essas configurações e distribuições dependentes, de certa forma, da temperatura (ATIKINS; PAULA, 2008).

Com isso, é possível caracterizar um sistema diante da energia média, $\langle \varepsilon \rangle$, das partículas que apresentam uma determinada distribuição em certo estado de energia ε_i . E, as populações desse estado, que são a média de moléculas (n_i) que ocupam um estado energético; então, essa configuração poderá ter um peso maior e ser predominante, fazendo com que o sistema como um todo do ponto de vista macroscópico tenha uma energia média do estado energético com maior população. Como por exemplo, em sistemas a temperaturas muito baixas (próximo do zero absoluto), ainda existem estados de energia ocupados, além do estado fundamental, mas que à medida que decorre o aumento da temperatura, mais estados de energia estarão disponíveis para serem ocupados, fazendo com que mais moléculas possam ocupar esses estados de mais elevada energia. Agora, retomando a função de partição (q), que é apresentada na equação 10, e representa a forma como a energia é “partilhada” entre os possíveis níveis de energia permitidos pelo sistema numa dada temperatura (ATIKINS; PAULA, 2008).

$$q = \sum_i g_i \cdot e^{-\beta \varepsilon_i} \quad (10)$$

Sendo, o parâmetro β correspondendo a $1/kT$, uma relação direta com a temperatura T , k representando a constante de Boltzman e g_i correspondendo as degenerescências dos estados de energia possíveis, mostrando que (q) é o somatório das exponenciais dos níveis dos i -ésimos estados de energia pela temperatura. Essa função de partição, também é usada para elucidar processos idealizados, chamados de ensembles canônicos. Que nada mais são do que conjuntos que seguem uma determinada regra, são réplicas de um sistema, tanto quanto se desejar para melhor caracteriza-lo. Nesse ensemble, as réplicas têm contato térmico entre si, com composição, volume e temperatura comuns. Na equação 11, é mostrada a relação da energia total de um sistema (E) e sua relação com a função de partição (q), levando a forma de energia interna (U), com a variável dependente (q) sendo derivada a volume constante. Como é de acordo com os moldes da termodinâmica clássica: $U(T, V)$; mostrada na equação 12 (ATIKINS; PAULA, 2008).

$$E = -\frac{N}{q} \frac{dq}{d\beta} \quad (11)$$

$$U = U(0) - N \left(\frac{\partial \ln q}{\partial \beta} \right)_V \quad (12)$$

E, isso mostra que é possível determinar a energia interna de um sistema em relação ao seu valor em $T = 0$, conhecendo a função de partição e sua dependência com a temperatura. Para o ensemble canônico é também obtido uma função de partição canônica (Q), cuja diferença entre Q e q , reflete nas condições usadas para caracterizar o sistema. Visto que, q é abordado para sistemas compostos por partículas independentes umas das outras, enquanto a função de partição canônica Q é referente a sistemas com moléculas interagindo. Como sendo mais geral, Q pode ser aplicada a sistemas com fase condensada e gases reais. Na equação 13, mostra a fórmula da função de partição canônica, como o somatório de exponenciais decrescente da energia total do sistema (E_i) levando a equação 14 para a energia interna, semelhante a equação 12. E, é possível relacionar ambas as funções, determinando Q em função de q , para sistemas com moléculas independentes e distinguíveis (podem ser distinguidas) sua fórmula é mostrada na equação 15, com N representando o número de moléculas independentes. Porém, para sistemas cujas moléculas são independentes e indistinguíveis, equação 16, se usado a equação 15, superestima-se o seu valor, por somar mais estados de energia envolvidos. Então como mostrado na equação é envolvido as permutações das moléculas, que contribuem para o mesmo estado de energia, seja por apresentar arranjos distintos, mas que por serem semelhantes, se tornam equivalentes (ATIKINS; PAULA, 2008).

$$Q = \sum_i e^{-\beta E_i} \quad (13)$$

$$U = U(0) - \left(\frac{\partial \ln Q}{\partial \beta} \right)_V \quad (14)$$

$$Q = q^N \quad (15)$$

$$Q = \frac{q^N}{N!} \quad (16)$$

Além disso, a importância da função de partição (q) para o sistema, advém dela reunir as energias equivalentes dos diversos modos de movimento (rotacional, vibracional,

translacional) e o eletrônico das moléculas de um sistema. Como apresentado na equação 17, que mostra as energias de cada estado de movimento, e cada somatório no modo de movimento em questão, corresponde a função de partição naquele estado em questão, como apresentado na equação 18 (ATIKINS; PAULA, 2008).

$$q = (\sum_i e^{-\beta \varepsilon_i T}) \cdot (\sum_i e^{-\beta \varepsilon_i V}) \cdot (\sum_i e^{-\beta \varepsilon_i R}) \cdot (\sum_i e^{-\beta \varepsilon_i E}) \quad (17)$$

$$q = q^{\text{translação}} \cdot q^{\text{vibração}} \cdot q^{\text{rotação}} \cdot q^{\text{eletrônico}} \quad (18)$$

Logo, tais relações envolvem deduções matemáticas importantes para se chegar em suas formulações, (não sendo factível sua demonstração no presente trabalho). E também, se aplica desde sistemas formados por gases monoatômicos, cujas relações são possíveis de serem obtidas, e na descrição de seus principais modos de movimento. E, por fim, gerando resultados e conclusões semelhantes aos da abordagem clássica, mostrando então que sua aplicação ao nível molecular é coerente.

Então, percebe-se que essas variáveis explicitadas nessa seção, abordam questões de extrema importância para sistemas físicos e químicos. A manipulação das condições do sistema, como mostrado, são as ferramentas que tornam a termodinâmica útil em seus preceitos e, apresentando um gama de aplicações. Por isso, a necessidade de compreender seus conceitos, e da sua a relação com os aspectos matemáticos que as tangenciam, seja por meio de demonstrações, simplificações e afins. Tudo isso é inerente a essa área. Contudo, o entendimento de seus principais conceitos é um passo inicial para perpassar pelos fundamentos dessas leis e de como ela é útil para a química.

4 METODOLOGIA

A seguinte pesquisa se fundamentou numa análise de cunho qualitativo, baseando-se nos pressupostos discorridos na fundamentação teórica. A natureza da pesquisa é voltada para a produção de um material didático na forma de um conto de narração científica, e na posterior análise do material preparado. Por isso, advém seu caráter qualitativo, que para Gerhardt e Silveira (2009) permite uma relação da construção da pesquisa, na geração de um produto/resultado, porém, não buscando a sua validação em termos estáticos e generalistas, mas sim, no decorrer do processo. Na qual, permeando aspectos em que o pesquisador é sujeito e objeto da pesquisa, participante das trocas simbólicas, garantindo uma explicação dos motivos e razões da natureza da mesma. E também como a sua pesquisa pode ser levada a diferentes métodos e abordagens, o que por si só já angaria mais elementos em análise.

Contudo, é importante estar atento para seus aspectos limitadores. Ou seja, embora ela seja pertinente, corre-se risco de deixar que o pesquisador e suas inferências influenciem os resultados e análise, criando argumentos e colocações próprias do investigador, de forma a autovalorizar sua pesquisa exageradamente. Logo, pouco contribuindo para mostrar sua real importância e possíveis limitações. Porém, atento a essas questões pode-se minimizar inferências e buscar resultados de uma pesquisa com grande confiabilidade (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Para isso, a metodologia foi estruturada em subitens para melhor compreender os seus procedimentos e intencionalidades, permeando tanto aspectos relativos ao processo de construção, como também, nos critérios de análise do material didático em questão.

4.1 DESENVOLVIMENTO DOS CONCEITOS DA PRIMEIRA LEI TERMODINÂMICA EM FÍSICO-QUÍMICA: UM LEVANTAMENTO DE DADOS.

Para esse tópico, foi realizado um levantamento de materiais documentais sobre os conceitos a serem articulados no conto. Tal levantamento foi feito por meio de pesquisa bibliográfica, em livros didáticos do ensino superior e artigos acadêmicos. E isso, se justifica devido à importância de contemplar o conhecimento científico abordado pelos livros didáticos para curso superior na área da Físico-química, sendo um dos principais materiais acessados pelos estudantes. E também compreender como os conceitos relacionados a primeira lei da termodinâmica são estruturados nesses materiais. Da mesma forma que, os artigos científicos,

exploram as aplicações sociais dos conceitos em questão, por meio da pesquisa científica, tendo seu meio de veiculação e linguagem característica.

Os conceitos escolhidos se encontram estruturados na seção 3.5 da fundamentação teórica, embora que buscou-se realizar uma síntese dos mesmos, para tornar factível sua leitura na seção. A escolha desses conceitos advém de serem tanto saberes basilares para a termodinâmica aplicada a química, assim como nas demais áreas científicas. E com a sua melhor elucidação se tornará mais fácil na compreensão de seus cálculos e em suas aplicações. Visto que o conceito de energia interna que perpassa a primeira lei termodinâmica não é tão simples de compreender, devido ao seu aporte teórico estar carregado de definições relacionadas ao desenvolvimento teórico quântico e molecular, como apresentados pelos livros didáticos.

Assim, primeiramente, nas tabelas 1 e 2, é mostrado como foi organizado os documentos bibliográficos utilizados, segundo os seguintes critérios:

- Para os livros didáticos: nome do livro, autores, data de elaboração e o volume.
- Para os artigos científicos: nome do artigo, os autores, ano e revista de publicação e natureza da pesquisa.

Tal procedimento de triagem visou compreender o processo em que os conceitos se articulam nos materiais estudados. Bem como, os objetivos por trás de sua elaboração, os agentes responsáveis, a época em que os mesmos foram publicados.

TABELA 1 - DOCUMENTOS BIBLIOGRÁFICOS REVISADOS: LIVROS DIDÁTICOS.

Livro didático	Nome	Ano de publicação	Autores	Volume
1	Physical-Chemistry - A Molecular Approach	1997	Donald. A MacQuarrie & Jonh D. Simon	Completo
2	Físico-Química	2011	David W. Ball	Vol. 1
3	Físico-Química	2006	David W. Ball	Vol. 2
4	Físico-Química	2008	Peter Atikins & Julio de Paula	Vol. 1
5	Físico-Química	2008	Peter Atikins & Julio de Paula	Vol. 2

Fonte: Própria.

Seguindo a mesma tendência, abaixo é apresentada a relação dos artigos científicos revisados.

TABELA 2 - DOCUMENTOS BIBLIOGRÁFICOS REVISADO: ARTIGOS CIENTÍFICOS.

Artigo científico	Nome	Ano e revista de publicação	Autores	Natureza da pesquisa
1	Students' Misunderstandings about the Energy Conservation Principle: A General View to Studies in Literature	2007 International Journal of Environmental & Science Education,	Erdal Tatar & Münir Oktay	Traz um levantamento de trabalhos na literatura sobre os principais erros de interpretação do conceito de conservação de energia por estudantes.
2	Application of the First Law of Thermodynamics to the Adiabatic Processes of an Ideal Gas: Physics Teacher Candidates' Opinions	2014 Science Education International	S. Gonen	Um estudo acerca das dificuldades de professores de Física que cursam a disciplina termodinâmica sobre conceitos de calor, energia, trabalho e processos adiabáticos

Fonte: Própria.

Posteriormente, foi feita uma análise crítica tanto dos conceitos destrinchados na fundamentação teórica (seção 3.5), remetidos aos conceitos da primeira lei termodinâmica; cujo resultado foi devido a leitura das obras bibliográficas revisadas na tabela 1. Como também, da leitura dos artigos científicos utilizando as seguintes categorias desenvolvidas para a discussão:

Para os livros didáticos:

- Estruturação dos conceitos termodinâmicos – Organização dos conceitos termodinâmicos nos livros didáticos.
- Convergência conceitual – Quando os conceitos científicos nos diferentes livros apresentam uma organização similar na sua abordagem.
- Divergência conceitual – Quando os conceitos científicos nos diferentes livros se modificaram diante do suporte usado, e ao ano em que fora feito.

Para os artigos científicos:

- Identificação conceitual – um pequeno resumo acerca de como o conceito foi estruturado no documento.

Tais categorias elaboradas visaram buscar uma melhor compreensão dos conceitos termodinâmicos. Tanto do ponto de vista da sua definição científica, como também em sua estruturação nos livros, para que fosse possível construir melhor o enredo da história para o conto, sem fugir totalmente da proposta dos livros usados no ensino superior.

4.2 AS RELAÇÕES DISCURSIVA E DIALÓGICA ENTRE O GÊNERO LITERÁRIO COM OS CONCEITOS CIENTÍFICOS.

Para descrever as principais relações discursivas e dialógicas que permeiam ambos os gêneros, literário e científico, foram necessários os fundamentos do gênero discursivo e dialógico presente nas obras de Bakhtin e seu círculo. Como discutido na seção 3.3, acerca desse arcabouço teórico, é perceptível uma relação entre aspectos de criação de uma obra com ênfase na estética, na valorização das características composicionais. Ainda, da relação entre as características dos gêneros e seus estilos. Enfim, foram elencados os principais elementos constitucionais que pudesse tornar possível a relação dialógica desses dois gêneros transformados em um conto de narração científica.

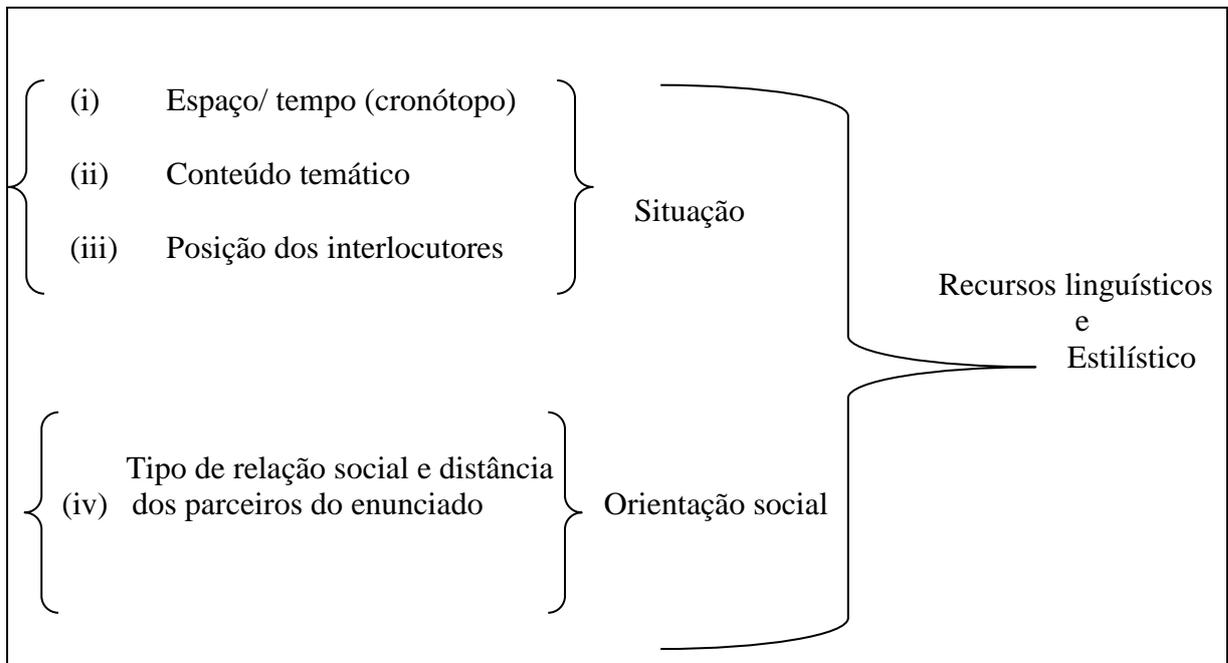
Para tal propósito, foi dividido em dois procedimentos. O primeiro, se relacionou com a construção dos elementos que deram base para o desenvolvimento do conto, presentes no quadro 1, em outras palavras, significou delimitar previamente os elementos constitutivos dos gêneros em questão, os interlocutores a qual é destinado tal material, e o contexto (enredo). Embora isso pareça ser óbvio, pois é quase comum observar essas características em diversas obras, sendo perceptível a medida em que se realiza uma análise aprofundada nelas. Então, é necessário que a obra produzida seja coerente para os seus devidos fins. Pois, conforme já evidenciado, existe uma relação dos aspectos composicionais e arquitetônicos de um gênero, e os seus estilos, o conteúdo temático e que assim precisa ser transformado para interlocutores específicos. De forma que, seja possível o desenvolvimento dialógico dos saberes transpostos e na sua pertinência, logo na sua clareza. E, como um gênero pode abarcar diferentes estilos, isso precisa ser devidamente previsto, para se ter um certo direcionamento dos possíveis resultados que se espera alcançar (GRILLO, 2013).

Além disso, como exposto na fundamentação teórica, no gênero científico é possível certa inferência, uma interação do autor e do público alvo, por ser um gênero menos

estandardizado (normativo). E, isso está na própria lógica do método científico não sendo algo fechado em si mesma, mas sempre em construção, a interação se torna um fator importante. Porém, dependendo do contexto e da forma como é realizado esse discurso, o saber científico pode acabar se tornando mais diretivo, rígido, não possibilitando o diálogo e perdendo sua essência interativa. Sendo então, outro fator que se alia ao referenciado, em desenvolver previamente essa estruturação elementar (GRILLO, 2013).

Essa estruturação prévia dos elementos constitutivos do enunciado foi feita por meio do que foi referenciado sobre o estilo de um gênero por Volóchinov (1981 |1930| apud Grillo, 2013) e Bakhtin.

QUADRO 1 – ESTRUTURAÇÃO DOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO GÊNERO DE NARRAÇÃO CIENTÍFICA.



Fonte: adaptado de Volóchinov (1981 |1930| apud Grillo, 2013 p. 43).

Conforme é mostrado no quadro 1, foram estruturados os pontos que possibilitaram uma melhor organização e desenvolvimento do conto. A situação, como elemento de sentido para o texto, onde nela é caracterizado o (i) cronótopo; (ii) ao que se refere o texto, que no caso são conceitos científicos; (iii) a avaliação dos interlocutores, visando o público alvo e como torná-lo interativo e estimulante na geração do processo de aprendizagem; (iv) a orientação social, que diferente do (iii) coloca em questão a relação hierárquica entre as vozes do discurso, logo, nesse contexto é voltado para os participantes dos discursos que são os personagens criados.

O segundo procedimento, mostrado no quadro 2, se remeteu na análise do discurso da obra elaborada, com base, nos elementos previamente organizados no procedimento anterior, segundo as características da situação e sentido do estilo do gênero. Este procedimento foi realizado quando o conto já tinha sido desenvolvido. Descrevendo, se de fato, ocorreu o diálogo entre os dois gêneros, o científico e o literário, bem como a articulação dos personagens e enredo da história. Visto que é pertinente compreender como por meio do enredo da história, os conhecimentos científicos puderam ser utilizados e mobilizados segundo os personagens. Em como, estes se portam diante das situações. Além, da sua influência no decorrer das cenas. Ilustrando assim, como o diálogo é vivo e inacabado, e que sendo possível empreender o lúdico com o saber científico, de forma a auxiliar no processo de aprendizagem do conhecimento em questão.

QUADRO 2 – ANÁLISE DO DISCURSO E DIÁLOGO DO CONTO PRODUZIDO.

Como se desenvolveu o enredo da história:

- (i) Articulação dos personagens, suas personalidades e contexto em que se inserem.
- (ii) Como os conceitos científicos estão nos discursos e diálogos. Baseando-se em Bakhtin sobre os diferentes tipos de discurso em:
 - Palavra orientada para um referente;
 - Palavra voltada para diferentes discursos;
 - Palavra a duas vozes: Orientação única
Orientação vária
Discurso refletido no outro
- (iii) Os conceitos científicos: segundo os personagens caracterizados.
 - Papel social do personagem e o seu entendimento sobre a ciência.

Fonte: Adaptado de Grillo (2013, p. 26).

Por meio do quadro 2, é possível perceber como a análise foi realizada, onde (i) com base no enredo da história (contexto), nos personagens e suas características particulares. E no (ii) analisa e descreve o discurso dos personagens acerca do saber científico trabalhado nos diálogos, com base nos pontos mostrados. Tendo, então, como pressuposto a polifonia, as

várias vozes do discurso, percebendo o diálogo entre os personagens. E, em paralelo, o ponto (iii) remete-se sobre a concepção e entendimento dos personagens acerca do tema e do contexto científico.

Assim sendo, foi desenvolvido um conto, que abordou os conceitos científicos já previamente mencionados: A primeira lei termodinâmica focalizando o conceito de Energia Interna, sobre o ponto de vista clássico e estatístico; realizou-se uma análise do procedimento 1 e três análises acerca do procedimento 2. Em outras palavras, uma análise inicial acerca da construção dos elementos situacionais e do público alvo nos materiais. E, por fim, três análises posteriores, com as histórias finalizadas, dos discursos gerados segundo os pontos citados.

4.3 INVESTIGANDO OS CONCEITOS CIENTÍFICOS TRANSPOSTOS NO ENREDO DOS CONTOS.

Essa etapa se aliou ao desenvolvido na seção 4.2. Embora pareça similar, na seção anterior, que buscou compreender a articulação dos saberes científicos com o enredo da história e com os personagens criados, segundo os critérios previamente definidos. Nessa seção, foi focalizado especificamente os conceitos científicos e como estes foram estruturados.

Por isso, foi pertinente voltar-se na seção 3.2 da fundamentação teórica, sobre transposição didática, baseado nos elementos desenvolvidos por Chevallard (1991 apud Menezes, 2006), mostrados no quadro 3. Pois, o saber científico nos livros e artigos selecionados, foram transpostos no conto, caracterizando numa chamada transposição didática externa. Então, mostrou-se necessário a investigação dos conceitos científicos transpostos, comparando posteriormente com os materiais de origem.

QUADRO 3 – CRITÉRIOS DE ANÁLISE DOS CONCEITOS CIENTÍFICOS TRANSPOSTOS NO CONTO.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> (i) <u>Dessincretização do saber</u> – Retirada dos saberes científicos presente nos contos. (ii) <u>Despersonalização do saber</u> - Desvincular o saber científico da esfera do enredo da história e do discurso dos personagens. (iii) <u>Programabilidade da aquisição do saber</u> - Estruturação dos conteúdos identificados em uma organização sequencial dos mesmos. |
|--|

Fonte: Chevallard (1991 apud Menezes, 2006, p. 76-77).

Então, como evidenciado, os pontos (i), (ii) e (iii) sistematizam como foram identificados os conceitos termodinâmicos a partir do conto. Por fim, os conteúdos transpostos foram comparados com os materiais de referência (desenvolvido na seção 4.1) para que fosse possível perceber o quanto o material possibilitou desenvolver os conceitos, quais deles puderam ser devidamente trabalhados, bem como os pontos que não puderam ser destrinchados no material com mais profundidade ou mesmo o que fora, por ventura, omitido.

4.4 LEVANTAMENTO DAS LIMITAÇÕES DO MATERIAL DIDÁTICO PRODUZIDO.

Como material de divulgação científica, elaborado segundo os pressupostos discutidos na fundamentação teórica, percebe-se a sua natureza limitante, no que tange a certos aspectos. Tais aspectos podem ser previamente analisados, como por exemplo, o público-leitor do material. Sabe-se que a divulgação científica de forma direta ou indireta apontam para um determinado perfil de público. E, isso pode estar atrelado a forma como os conteúdos e o seu discurso se estruturam (PINTO, 2007).

Então, diante do exposto, o material elaborado angaria um público bastante específico. Pois, conforme é direcionado ao ensino superior, aos que estão cursando disciplinas de Físico-química, especificamente sobre o conteúdo de termodinâmica, o perfil proposto, são de letrados, alfabetizados cientificamente. Que conhecem as nuances dessa área da Química, ou mesmo que estão iniciando seus estudos. Contudo, isso não isenta um público diferenciado de utilizar tal material didático. Porém, significa que a priori, todo elemento constitutivo no conto de narração científica serão baseados nesse contexto e nesse público.

Para a realização do levantamento das principais limitações do material, como um todo, o seu processo de caracterização foi concebido como um processo contínuo, as categorias foram criadas à medida que as atividades eram desenvolvidas. Logo, esses critérios foram devidamente estabelecidos no decorrer das etapas previamente mencionadas, na forma de uma síntese.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Essa seção está estruturada em subitens para tornar possível, e pertinente, a organização dos dados obtidos, segundo o que foi prescrito nos procedimentos metodológicos. Salientado que determinados critérios podem (a priori), ser concebidos como subjetivos, porém isso advém da própria necessidade da pesquisa, como também pela natureza qualitativa do trabalho.

5.1 DESENVOLVIMENTO DOS CONCEITOS DA PRIMEIRA LEI TERMODINÂMICA EM FÍSICO-QUÍMICA: UMA SÍNTESE DO LEVANTAMENTO DE DADOS.

A análise dos livros didáticos e artigos científicos para a preparação do conto de narração científica estão estruturados abaixo, segundo a ordem de leitura dos mesmos. Primeiramente na tabela 3 é apresentada um resumo descritivo de cada livro de Físico-química estudado, em termos de linguagem, forma de apresentação etc.,. Com a pretensão de possibilitar uma visão geral de cada livro e dos agentes que o produziram, para que posteriormente fosse possível melhor compreender e também organizar seus conteúdos.

TABELA 3 – DESCRIÇÃO DOS LIVROS DE FÍSICO-QUÍMICA REVISADOS.

Livro	Nomes	Descrição
1	<p align="center">Physical-Chemistry - A Molecular Approach Donald. A MacQuarrie & Jonh D. Simon (1997)</p>	<p>O livro é caracterizado como um único volume, apresentando uma linguagem de caráter técnico, com bastante expressões matemáticas, dividido em diversas seções com títulos, destrinchado com mais informações para o que será visto na mesma. Como o capítulo da termodinâmica não começa no início do livro, mas sim, depois de estudar todos os pressupostos da teoria quântica, e abarcando suas explicações sobre ligações químicas, espectroscopia, um tratamento estatístico até, por fim, chegar no capítulo que retrata a termodinâmica. Logo, nestes moldes, o livro angaria também a termodinâmica estatística, em conjunto com a clássica. Enfatizando-se, da mesma forma, conceitos e seus cálculos, bem como aplicado a sistemas gasosos. Dividido em quatro capítulos, desde a primeira lei da termodinâmica até as variáveis que descreve o comportamento de sistemas, com bases nas variáveis da primeira e segunda lei da termodinâmica compiladas.</p>
2	<p align="center">Físico-Química - David W. Ball (2011) volume 1</p>	<p>Este livro é dividido em dois volumes, o volume 1 em questão trata da introdução da termodinâmica clássica. Ela apresenta uma linguagem fácil e compreensível, pois justamente a proposta do livro é aproximar os estudantes com os principais conceitos Físico-químicos, por isso, sendo um material introdutório. Por isso, traz uma série de exemplos cotidianos e, claro, com as principais fórmulas. São divididos em quatro capítulos que retratam a termodinâmica, especificamente, começando logo no início do livro. Além disso, trazendo as definições dos conceitos principais usados. Uma característica interessante adotada nesse livro é que seus capítulos apresentam uma sinopse no início, do que será por ventura, estudado na seção. Como também, um resumo no final do capítulo, resumindo todas as informações apresentadas. E isso demonstra ser uma estratégia bastante pertinente para auxiliar o estudante.</p>
		<p>Como continuação, o volume dois dessa obra, insere no capítulo referente a termodinâmica os pressupostos da matemática estatística. Especificamente, os dois capítulos referentes a esse tema, tem como objetivo trazer as noções básicas da matemática estatística: arranjos, conjuntos, distribuição populacional, função de</p>

3	Físico-química – David W. Ball (2006) Volume 2	partição etc., buscando que os fundamentos da estatística sejam aplicados as variáveis termodinâmicas já conhecidas, e que sejam coerentes com as observações experimentais. Bem como, com a termodinâmica fenomenológica (clássica), na predição das propriedades de todos os sistemas. Aliado a isso, nos capítulos finais do volume 1, foi trabalhado a mecânica quântica, e no início do volume 2 (em questão), apresenta também os conteúdos referentes a simetria, espectroscopia rotacional, vibracional, eletrônica, magnética. E, isso permitiu que ao abordar a termodinâmica estatística fossem utilizados modelos quânticos para determinar as funções de partição e posteriormente aplica-la as variáveis termodinâmicas. Por fim, as equações determinadas forma baseadas em sistemas simplificados, como gases monoatômicos até gases diatômicos e ampliado para os poliatômicos. A linguagem segue a mesma tendência para o volume 1, de fácil compreensão.
4	Físico-química - Peter Atikins e Julio de Paula (2010) Volume 1	O seguinte livro é dividido em dois volumes, no qual o primeiro volume é abordado, em três capítulos, as leis da termodinâmica. Em que, no capítulo 1 foi introduzido o tema gases e suas propriedades, de forma a possibilitar uma introdução sobre o comportamento desse estado da matéria e suas relações simplificadas por funções de estado que melhor a caracterizam. No capítulo 2, aborda desde os conceitos basilares para a primeira lei da termodinâmica, e por fim, no capítulo 3, a segunda lei da termodinâmica, em conjunto com a terceira lei. A linguagem que perpassa esse livro é mais técnica, caracterizado por exemplos práticos da rotina de um químico, aplicando os conceitos e sua matemática. Alia também a importância na aplicação dos conceitos expostos em alguns problemas aplicados a outras áreas científicas, tais como engenharia, bioquímica. Além de que os conceitos se tornam bem destrinchados, tendo tanto justificativas das fórmulas matemáticas apresentadas, como também a interpretação molecular do problema. Logo, percebe-se uma abordagem macroscópica da matéria, o que seria natural de se esperar, pois envolve o estudo da termodinâmica clássica, que é de natureza macroscópica. Detendo-se, nesse caso, em funções de estado capazes de descrever o comportamento de sistemas gasosos.
5	Físico-química - Peter Atikins e Julio de Paula (2008) Volume 2	O volume dois desse livro inicia o capítulo com a termodinâmica estatística, e para isso, precisou no volume 1, abordar a estrutura e espectroscopia molecular, teoria quântica. E, isso se deve a necessidade de voltar-se para os fenômenos termodinâmicos clássicos, porém com um olhar mais atrelado a energia em termos de variações de níveis de energia e estados acessíveis, dependendo da natureza das partículas (moléculas) do sistema. Logo, insere conceitos da matemática estatística, e de conceitos químicos, com um grau de formalismo matemático maior, porém consegue explicar de forma completa os processos (como uma espécie de compilação da termodinâmica vista nos dois volumes). É dividido no total em dois capítulos, o primeiro é voltado para a explanação dos conceitos principais necessários para compreender seus fundamentos estatísticos, e no segundo a aplicação de seus conceitos a diferentes sistemas termodinâmicos. A linguagem é técnica e angaria certo formalismo e exemplos bem específicos do saber ensinado. Porém, pontuando pouquíssimos exemplos de outras disciplinas em que podem ser aplicadas.

Fonte: Própria.

Então, diante de todos os dados coletados acerca dos livros didáticos escolhidos, por meio da leitura integral dos capítulos que abordam toda a termodinâmica, foi possível organizar de forma generalizada e sintetizada a estruturação dos conteúdos nesses materiais. Claro, que os analisando de forma qualitativa, os cinco livros selecionados observaram-se mudanças da linguagem, seja uma mais técnica que a outra, como também na introdução de exemplos práticos dos conceitos para os estudantes. Sendo inclusive um ponto já esperado diante da época em que os mesmos foram feitos, bem como, das intencionalidades dos agentes produtores. No qual, os conceitos transpostos podem, ou até mesmo necessitam sofrer modificações de material para material, devido as constantes revisões e atualizações nas obras.

Nesse aspecto, é possível ver por meio da data de publicação deles, ou a data em que os mesmos foram traduzidos, publicados e constantemente editados no Brasil, seus possíveis contextos de elaboração. Pois, mesmo um livro sendo publicado num determinado ano, ainda houve toda uma preparação antes, seja no seu estudo, escrita e revisão dos autores, que demandou um certo tempo. Mostrando assim, que tais livros não são tão atuais quanto as suas respectivas datas de publicação ou de edição possam sugerir. E, levando em consideração a temporalidade do livro, pode-se fazer uma correlação aos cenários políticos e sociais vigentes na época. Buscando compreender a intencionalidade da tal estruturação e da concepção de ciência pelos produtores das obras; e sobre o modelo de ciência a ser preconizado nos currículos educacionais.

Ainda nessa perspectiva, de todos os cinco livros de Físico-química lidos, apenas um deles, livro 1, não foi traduzido no país. Tal livro apresenta um grande formalismo conceitual e também matemático. Isto porque, como o próprio título do livro sugere, ele trata a físico-química por meio de uma abordagem molecular. Assim o livro aborda a química quântica antes da termodinâmica, fornecendo assim, uma visão contemporânea para o estudo da físico-química. No qual, a termodinâmica é ensinada simultaneamente de um ponto de vista macroscópico e microscópico, permitindo entender como as propriedades do sistema estão relacionadas às propriedades individuais das espécies (átomos ou moléculas) que o constitui. Enquanto que os demais livros revisados, que foram publicados no Brasil, apresentam uma abordagem tradicional, nos quais a termodinâmica clássica é tratada antes da química quântica. Esta abordagem tradicional, sem se descompromissar com o rigor científico, apresenta uma linguagem mais próxima ao estudante, preocupando-se em inserir exemplos e contextos de aplicação dos conhecimentos explanados.

Com todos esses elementos em consideração, abaixo é apresentado os quadros 4 e 5, com os conteúdos termodinâmicos organizados nos livros. Tanto do ponto de vista clássico (ou fenomenológico) atrelados a primeira lei da termodinâmica, focalizando no conceito de energia interna (U); como sobre a termodinâmica estatística, respectivamente. E isso foi importante para conhecer a sequência desses conteúdos por todos os livros estudados. Sendo importante salientar que embora tenha sido realizada a leitura integral dos capítulos sobre a termodinâmica toda a análise se centra apenas na primeira lei termodinâmica. Além disso, essa etapa metodológica foi usada na seção 5.3, na comparação dos conceitos que foram transpostos no conto.

Ou seja, foi preferível a leitura integral dos capítulos, pois os conceitos usados para a produção do conto também estão atrelados, de certa forma as três leis da termodinâmica. E,

assim, o conhecimento das variáveis de estado a serem especificadas no material também se relaciona a outros conceitos que não foram trabalhados no conto, tais como: Entalpia, Entropia, Energia de Gibbs, Energia de Helmholtz e potencial químico. Mostrando sua importância para toda termodinâmica, e não vista como apenas um conceito isolado.

QUADRO 4 – ESTRUTURAÇÃO DOS CONTEÚDOS DA TERMODINÂMICA CLÁSSICA REFERENTES A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA.

- | |
|--|
| <p>1 Propriedades dos gases</p> <p>1.1 Definições de: Sistema, vizinhança, estado de um sistema, equilíbrio, termodinâmica.</p> <p>1.2 Definição de pressão (p) e temperatura (T).</p> <p>1.3 Equação dos gases: ideal (Charles, Boyle, Avogadro) e não-ideal (Van der Waals, fator de compressibilidade Z).</p> <p>2 Primeira lei da termodinâmica.</p> <p>2.1 Conceitos principais: Energia, Calor (q), trabalho (w), funções de estado.</p> <p>2.2 O calor e trabalho não são funções de estado e apresentam uma interpretação molecular.</p> <p>2.3 A variável energia interna (U), suas características e sua mensuração para um sistema isolado.</p> <p>2.4 Postulado da primeira lei da termodinâmica e os processos reversíveis e irreversíveis.</p> <p>2.5 Trabalho de expansão: expansão livre, a pressão constante, reversível, isotérmico reversível.</p> <p>2.6 Calorimetria, as trocas térmicas e as capacidades caloríficas das espécies.</p> <p>2.7 Entalpia (ΔH) como uma função de estado relacionada a mudança de energia na forma de calor à pressão constante.</p> <p>2.8 Capacidade calorífica: a pressão constante C_p (relacionada a entalpia, H) e a volume constante C_v (relacionada a Energia interna, U).</p> <p>2.9 Variação de entalpia com a temperatura.</p> <p>2.10 Termoquímica, entalpia aplicada a reações químicas e mudanças de fase, lei de Hess.</p> <p>2.11 Tipos de entalpia: padrão de reação, padrão de formação, padrão de combustão.</p> <p>2.12 Variações na energia interna, experiência Joule, efeito Joule-Thompson.</p> |
|--|

Fonte: Adaptado de (MACQUARRIE; SIMON, 1997; ATIKINS; PAULA, 2010; BALL, 2011).

Da mesma forma que no quadro abaixo segue a apresentação estrutural dos conceitos pelos livros estudados sobre termodinâmica estatística.

QUADRO 5 – ESTRUTURAÇÃO DOS CONTEÚDOS SOBRE A TERMODINÂMICA ESTATÍSTICA.

- | |
|--|
| <p>1 Termodinâmica estatística: Introdução.</p> <p>1.1 Algumas necessidades estatísticas: distribuição dos estados moleculares, população arranjos de objetos em subsistemas, aproximação de Stirling, probabilidade de valores médios.</p> <p>1.2 O conjunto: combinação de microestados de microsistemas, número de arranjos (W) e (Ω), configuração instantânea.</p> <p>1.3 Distribuição de Maxwell-Boltzman: Níveis de energia, métodos dos multiplicadores de Lagrange.</p> <p>1.4 Função de partição molecular (q) e formas de aproximar seu resultado.</p> <p>1.5 Propriedade termodinâmica sobre o suporte da termodinâmica estatística: Energia (U), pressão (p), entalpia (H), entropia (S), energia de Helmholtz (A), energia de Gibbs (G), potencial químico (μ) relacionada com a função de partição (q).</p> <p>1.6 Tratamento para determinar a função de partição (q): Gases monoatômicos.</p> <p>1.7 Função de partição do conjunto canônico (Q) e sua relação com as variáveis termodinâmicas Energia interna (U) e entropia (S).</p> |
|--|

1.8 Moléculas independentes: distinguíveis e indistinguíveis.

2 Aplicações da Termodinâmica Estatísticas: Continuação das abordagens.

2.1 Relações da função de partição canônica (Q) com outras funções termodinâmicas derivadas de U e S , como: energia de Helmholtz (A), pressão (p), entalpia (H), energia livre de Gibbs (G).

2.2 Função de partição molecular e a contribuição dos movimentos permitidos: Rotação, vibração, translação e eletrônica.

2.3 Funções de partição eletrônica para moléculas diatômicas.

2.4 Função de partição vibracional: Moléculas diatômicas e poliatômicas, Modelo do oscilador harmônico.

2.5 Função de partição rotacional para moléculas diatômicas heteronuclear e homonuclear, baseado no modelo do rotor rígido tridimensional.

2.6 Função de partição rotacional para moléculas poliatômicas: lineares, não-lineares.

2.7 Variáveis termodinâmicas em relação a Q , capacidade calorífica (C_v).

2.8 Equilíbrios químicos segundo o tratamento da estatística e o estudo de cristais próximo a temperatura zero, lei dos estados correspondentes, tratamento de Einstein e de Debye.

2.9 Interações moleculares em líquidos: função de distribuição radial $g(r)$, método de monte Carlo e dinâmica molecular, entropia residual e as constantes de equilíbrio.

Fonte: Adaptado de (BALL, 2006; ATIKINS; PAULA, 2008).

A estruturação que se segue nos quadros 4 e 5, foi baseado nos cinco livros. A forma como se chegou a essa organização dos conteúdos, foi caracterizada tanto pela sua leitura, já citado, além da comparação com os seus respectivos sumários. Os conceitos apresentados nos quadros acima, foram selecionados com base naqueles que eram contemplados em mais de um livro, bem como tentou-se respeitar a ordem em que estes se apresentavam no texto. No quadro 5, que é voltado ao estudo da termodinâmica estatística, a abordagem foi um pouco diferente. Pois, foi optado pela análise de apenas dois livros estudados que apresentam esse conteúdo (livros 3 e 5), e pela condensação desses em uma só estrutura. Ou seja, foi observado que em um livro era apresentado temas mais bem destrinchados do que no outro, em termos de definição. Assim como, temas que eram explorados apenas em um deles. Por isso, foi compilado os conceitos apresentados nesses dois livros, como pode ser observado no quadro em questão.

Além disso, no livro 1, embora sendo apresentado de forma conjunta conceitos estatísticos e clássicos nos capítulos referentes a termodinâmica, foi optado apenas por sua análise, segundo os critérios metodológicos, do ponto de vista clássico. Essa escolha advém de que nesse material seria necessário mobilizar outros conceitos de forma aprofundada, tais como os conceitos da química quântica que era abordada pelo livro; que graças a sua própria organização textual, como já mostrada acima, permitiu ver tais conceitos antes da termodinâmica. O que não seria pertinente nesse estudo em específico desenvolver cada um desses corpos de saberes. Bem como, a sua estruturação foi a mais diferenciada se comparado aos outros livros.

No quadro 5, cabe salientar que, não foi possível haver o recorte de conteúdo que especificasse apenas o conceito a ser levado ao conto, o da energia interna, pois toda a abordagem e entrelaçamento desses conceitos estão em constante subordinação. Por isso, que nesse quadro, diferente do quadro 4, não houve sublimação de conceitos, mas foi apresentado todos eles. Até porque, na abordagem estatística o foco está em outra variável que faz toda uma relação com aspectos quânticos e da teoria molecular vigente, a função da partição (q) então não foi dada um foco tão grande as variáveis de estados já discutidas pela abordagem clássica, mas sim, que os resultados da abordagem estatística também se aproximavam do que é preconizado experimentalmente.

Então, a partir desse momento, observa-se que na estrutura dos livros, exceto o livro 1, no qual possui uma abordagem molecular, seguem uma ordem crescente de saberes. Levando a construção dos fundamentos básicos ao seu entendimento, e indo até os mais complexos, com um formalismo matemático mais elaborado. Dessa forma, foi permitido observar convergências e divergências conceituais. Esses critérios que foram elaborados na metodologia exploram a forma como conceitos são destrinchados nos livros didáticos. Seja seguindo uma mesma organização (convergência conceitual), como seguindo abordagens diferenciadas (divergência conceitual).

Para a convergência conceitual foram destacados diversos elementos de análise, o que pode ser um aspecto já esperado por se tratar de um saber científico bastante estabelecido, logo apresentando poucas mudanças referentes a conceitos e afins. Inclusive toda a termodinâmica tem em seus princípios e teoria fundamentos que dão um grande suporte para diversas áreas científicas além da Química e Física, então seus conceitos precisam ser mais bem estabelecidos. Mesmo assim, foi notória a presença de divergências conceituais, mesmo que pontualmente, na elaboração de alguns conteúdos.

Como os livros usados apresentam uma identificação numérica, organizada na tabela 1. Abaixo, na tabela 4 estão esquematizados os elementos de convergência e divergência conceitual de cada livro revisado. E, como os conteúdos referentes a primeira lei da termodinâmica perpassam pelo estudo dos gases, até a enunciação da primeira lei termodinâmica. Então, na tabela foi dividida em dois capítulos, com as categorias criadas e suas respectivas descrições.

TABELA 4 – ANÁLISE DE CONVERGÊNCIA E DIVERGÊNCIA CONCEITUAL NOS LIVROS 1, 2 E 4.

Capítulos	Categorias	Descrição
		Nesse capítulo, Propriedade dos gases, os três livros que abordam a

Capítulo 1	Convergência conceitual	termodinâmica fenomenológica (1, 2 e 4), foram voltados ao sistema gasoso e suas propriedades. Adentrando-se nas propriedades do mesmo, na construção da lei dos gases reais e posteriormente os não-ideais. Mostrando a facilidade de caracterizar sistemas gasosos e em observar as variáveis de estado (suas mudanças), para uma melhor compreensão das leis termodinâmicas.
	Divergência Conceitual	A definição de sistema e vizinhança. No livro 2, ela ocorreu no início do capítulo um, referente ao sistema gasoso, o que nos demais livros (1 e 4) iniciou apenas no capítulo dois, referente a primeira lei da termodinâmica. O que pode ser apenas uma estratégia do autor do livro em querer determinar as propriedades de sistema e vizinhança logo no estudo dos gases. Considerando-os já um sistema propriamente dito em estudo, e em não sinalizar isso apenas quando estivesse introduzindo a primeira lei.
Capítulo 2	Convergência conceitual	No capítulo 2, A Primeira lei da termodinâmica, os livros (2 e 4) apresentaram uma organização similar dos conteúdos. Foi definido sistema, vizinhança, energia trabalho, passando pela variável energia interna (U), entalpia (H) e as aplicações da entalpia em diferentes abordagens. Seguindo propriamente essa ordem, em abordar energia interna e posteriormente a entalpia. E, isso é devido a subordinação do conceito de entalpia à energia interna.
	Divergência Conceitual	No livro 1, a experiência de Joule Thompson para a determinação da energia interna (U) numa expansão isotérmica de um gás e estendido para a entalpia (H), não foi observado nesse capítulo. Apenas nos demais (2 e 4) estiveram presentes.

Fonte: Própria.

Seguindo a mesma estratégia, no quadro 5 é esquematizado os livros direcionados à termodinâmica estatística (3 e 5). Sendo esses conteúdos também divididos em um total de dois capítulos, esquematizado na tabela 5.

TABELA 5 – ANÁLISE DE CONVERGÊNCIA E DIVERGÊNCIA CONCEITUAL NOS LIVROS 3 E 5.

Capítulos	Categorias	Descrição
Capítulo 1	Convergência conceitual	No capítulo 1, a convergência conceitual observada nos livros (3 e 5) que retratam a termodinâmica estatística, está em todo o seu tratamento ser voltado para o sistema gasoso até abordagens pontuais para sistemas condensados (líquidos e sólidos). Ambos seguem a mesma apresentação de conteúdo, porém numa ordem ligeiramente diferenciada. As definições mais importantes para o seu entendimento, desde as formulações estatística: arranjos, conjuntos, populações, níveis de energia térmico acessíveis; passando pela função de partição (q), e sua relação com a variáveis termodinâmicas (U, H, S).
	Divergência Conceitual	A divergência conceitual analisada envolve apenas um fato que no livro 3, define-se para um gás monoatômico a função de partição q como o produto de três funções de partição individuais: a de transição (q_{trans}), nuclear (q_{nucl}) e eletrônica (q_{elet}). Para o livro 5 apresentou apenas a relacionada com a translação (cujo valor está associado ao movimento de uma partícula numa caixa unidimensional). E, isso pode estar associado à uma necessidade de evidenciar (pelo livro 3), a influência que o núcleo pode ter para a função de partição. Porém ele mesmo esclarece, que tal influência para uma reação química é muito menor. E, assim acaba ocorrendo a aproximação para a translação. Contudo, evidencia-se um cuidado em trazer conceitos completos, angariando um certo rigor teórico, mas mesmo assim mostrando os seus limites de aplicabilidade.
Capítulo 2	Convergência conceitual	No capítulo 2, como continuação das abordagens conceituais, ambos os livros (3 e 5), contemplam a maioria dos conceitos em comum, desde os tipos de funções de partição acerca do movimento da partícula, seja gases monoatômicos, até moléculas. A fórmula da função de partição vai se modificando algebricamente e no uso de conceitos atrelados a mecânica quântica e teoria molecular. Além da explanação das constantes de equilíbrio e sua relação com a função de partição. Mostrando o nível de aplicação da termodinâmica estatística para diferentes sistemas e como está ferramenta pode ser útil com um grau de aproximação maior, já que contém conhecimentos disponíveis ao nível molecular.

	Divergência Conceitual	As diferenças observadas foi que no livro 5, contemplou mais informações, tais como: a presença da energia média ($\langle \epsilon \rangle$) e seu cálculo para os diversos tipos de movimento (Rotação, vibração, translação). Abordou também, as interações moleculares em líquidos e entropias residuais. Ilustrando diferentes temáticas e campos de exploração pela estatística.
--	---------------------------	--

Fonte: Própria.

Por fim, observa-se tanto a junção das informações apresentadas na seção 3.5 da fundamentação teórica, que foi baseada na leitura desses materiais. Como também, o exposto nessa seção: a apresentação dos conteúdos dos livros didáticos, sua forma de linguagem, estruturação conceitual, as semelhanças e diferenças apontadas entre os livros (analisados anteriormente). Esse panorama completo dos materiais estudados significou uma apropriação dos conceitos pelos diferentes materiais, e na melhor forma de realização da transposição didática. Ou seja, em conhecer intimamente os materiais básicos utilizados pelos estudantes em formação e conhecer sua estrutura (como se apresenta em texto).

Claro que, mesmo sabendo da dificuldade em não poder abordar todos esses conteúdos em apenas um conto, por diversos aspectos, dentre eles o escopo do gênero literário usado, e também pelo cuidado em não tornar a obra relativamente carregada de conceitos. Assim, desfigurando seu gênero e também desestimulando em sua posterior leitura. Contudo, essa análise geral permitiu nortear na escrita do mesmo. E analisar posteriormente quais conteúdos foram apresentados no material e quais não puderam estar. Tentando-se responde os motivos.

E, isso se remete ao exposto por Chevallard (2013), da transformação do saber produzido pelas instâncias geradoras do saber, para um contexto a ensinar, logo é uma prática artificial, que precisa ser modificada para se adequar ao perfil do público destinado. E, com mais um fator atrelando ao processo: o de veicular esse saber científico em um gênero escrito literário menos normatizado.

Para finalizar tal seção, foi realizada a leitura de artigos acadêmicos, devidamente identificados na tabela 2. E, baseado no critério de “identificação conceitual”, foi analisado como o conteúdo é abordado no artigo. Isso vem da necessidade de integrar a relação da divulgação científica em um âmbito mais dinâmico e crítico de fomento de novos saberes (ou mesmo novos parâmetros para compreender tal saber), e no confronto com os mais estabelecidos. Na tabela 6 estão mostrados os artigos lidos e os resumos acerca do conteúdo do material.

TABELA 6 – ANÁLISE DO CRITÉRIO IDENTIFICAÇÃO CONCEITUAL DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS.

Artigo científico	Identificação conceitual
-------------------	--------------------------

<p style="text-align: center;">Students’ Misunderstandings about the Energy Conservation Principle: A General View to Studies in Literature (2007)</p>	<p>Nesse artigo é investigada as principais dificuldades relatadas em materiais bibliográficos revisados na literatura sobre o entendimento dos conceitos de conservação de energia. Conceito esse basilar para a primeira lei da termodinâmica. Esses dados da literatura, mostram a noção de considerar a energia como uma existência que pode ser usada, gasta, eliminada. Tal conceituação dada se aproxima ao contexto de energia aplicada comumente no cotidiano (experiências diárias). Da mesma forma que a conservação de energia é tido como algo não aplicável, pois considerando que a energia é dada ao meio ambiente, então energia não é conservada. Logo, como qualidade invariável da energia, então qualquer mudança significaria que energia não está sendo conservada. Outros pontos foram levantados, como a forma de ensinar, ou expressões que os educadores podem usar como possíveis sinônimos, tais como guardar, poupar. Mas, que no final levam aos mal-entendidos corriqueiros sobre o conceito. Da mesma forma, a relação matemática de massa e energia de Einstein ($E= mc^2$, com c-velocidade da luz, m – massa e E- energia), pode gerar interpretações erradas para certos contextos. Como por exemplo, considerar que uma diminuição de massa ocasionaria diminuição de energia, sendo importante mostrar as aplicações e validades dessa fórmula para contextos onde as partículas subatômicas (prótons e nêutrons), estão na velocidade da luz. Logo, em não aplicá-las diretamente em situações corriqueiras. Além de ressaltar a interpretação que estudantes dão em considerar comidas e combustíveis como armazenadoras de energia, sendo que o conceito de energia é abstrato. Enfim, tendo em vista esses apontamentos é importante que os educadores busquem melhores métodos para melhor esclarecer tais erros conceituais.</p>
<p style="text-align: center;">Application of the First Law of Thermodynamics to the Adiabatic Processes of an Ideal Gas: Physics Teacher Candidates’ Opinions (2014)</p>	<p>Nesse artigo é mostrado um estudo desenvolvido acerca das dificuldades em definir conceitos aplicados a primeira lei termodinâmica como: calor, trabalho, energia interna, processos adiabáticos e isotérmicos; por professores estudantes de Física cursando a disciplina de Termodinâmica. O aporte teórico justamente evidência trabalhos que buscaram investigar as dificuldades ao entendimento de estudantes sobre tais conceitos. Por isso, tal pesquisa visou contribuir para gerar mais dados sobre as dificuldades de entendimentos sobre esses conceitos na literatura. Na pesquisa foram selecionados um grupo de candidatos a professores de Física que cursaram as disciplinas (Mecânica, elétrica, magnetismo, química básica e matemática geral), na universidade. Ao todo foram 46 estudantes candidatos que fizeram a o teste escrito com questões referentes a primeira lei termodinâmica, como o processo adiabático de um gás ideal. E posteriormente apenas quatro deles responderam algumas perguntas que lhes foram apresentadas, por meio de uma entrevista gravada, que tanto envolvia a primeira lei termodinâmica, fazendo conexão com o que explicaram no teste escrito. Os resultados do teste mostram que uma grande parte relacionou quantidades termodinâmicas de forma errada ou ignorando outras, como o aumento de temperatura devido a diminuição da pressão e sendo isso igualado a uma constante, sem fazer qualquer menção ao volume. Ou mesmo, que em um processo de expansão livre adiabática trabalho é realizado. Por fim, apenas quatro estudantes conseguiram relacionar a primeira lei termodinâmica com a problemática, mesmo que ainda assim apresentassem diferentes graus de dificuldade para isso. Na parte da entrevista gravada tiveram mais desenvoltura e capacidade de melhor explicar os fenômenos quando lhes eram questionados, contudo como o artigo ilustra mais a frente, houve também momentos de coerência dos conceitos, e ao mesmo tempo outros candidatos que os usavam de forma errônea ao contexto. E as dificuldades apresentadas por uns e a facilidade de outros, pode ser refletida também na forma de ensino e até mesmo do material básico. Pois, como a pesquisa foi realizada na Turquia, nesse país ainda existem uma forma de abordagem do material privilegiando mais fórmulas e a relação do gás ideal aos problemas físicos e químicos; do que a ampla gama conceitual e as relações de subordinação delas. Ou seja, por verem tal lei dos gases, mais até do que as leis termodinâmicas, fica mais fácil abordar saberes que já conhecem e se apropria.</p>

Fonte: Própria.

Então, como mostrado, os artigos científicos tiveram um ponto de reflexão tal qual não foi possível observar nos livros, a questão referente a mobilização interpretativa desses conceitos, voltados ao ensino, e também os entendimentos desses conceitos pelos estudantes. Ou seja, os artigos explorados envolveram tanto estudos de uma dada problemática de origem social, mostrando apontamentos do ensino de determinado conceito até melhores estratégias para o ensino das mesmas. Seja pelas dificuldades de compreensão do princípio da conservação energética assimiladas pelos estudantes e da forma como são ensinados em sala de aula, independentemente do nível de ensino (artigo 1); almejando desconstruir tais mal-

entendidos em sala de aula, por meio de instigar o educador que o ler a promover essa tomada de consciência e buscar formas de deslegitimar tais incompreensões. Seja também, pela pesquisa levantada sobre as dificuldades apresentadas por professores-estudantes do ensino superior que cursando um a série de disciplinas, além da termodinâmica, e nas dificuldades de relacionar conceitos da primeira lei termodinâmica, gerando erros no uso de determinados conteúdos em diferentes graus (artigo 2).

Assim, todos esses materiais foram bastante oportunos para conhecer as dificuldades inerentes ao entendimento desses conceitos, e buscar no material proposto que se não for possível sanar tais dúvidas, mas ao menos evita-las de alguma forma.

Enquanto, nos livros didáticos são apresentados os conceitos de forma monológica segundo a lógica e estrutura do conceito fechado em si mesmo, com restritas pontuações de impacto social. Claro, isso não significa deslegitimar um material em prol do outro, mas ilustra a finalidade que cada material produzido tem, bem como no gênero em que estão devidamente apresentados.

Conclui-se a seção evidenciando que os conceitos termodinâmicos em destaque seguem claramente uma construção basilar comum, como resultado das análises acerca dos recursos bibliográficos citados. Por fim, tudo isso permitiu conhecer e buscar estratégias de melhor implementar e/ou tangenciar esses conhecimentos no conto narrativo; um gênero com um estilo característico e que diverge, de certa forma, do científico.

5.2 AS RELAÇÕES DISCURSIVA E DIALÓGICA ENTRE O GÊNERO LITERÁRIO COM OS CONCEITOS CIENTÍFICOS.

Essa seção foi subdividida em duas partes, mostrando as etapas da construção dos elementos para a preparação do conto, o enredo das histórias, e posteriormente as análises acerca dos discursos dos personagens com base nos critérios destacados na metodologia.

5.2.1 *Parte um: caracterização dos elementos do gênero e enredo do conto.*

Na primeira parte dessa seção foi fundamental caracterizar os elementos que previamente foram desenvolvidos e criados para a produção do conto. E, onde na seção 4.2 da metodologia expõe tal organização (quadro 01). Sendo assim, antes de apresentar a estruturação do enredo do conto, é importante mencionar que o material didático tem como perfil de público, estudantes de química do Ensino Superior. Pois, a produção do material

visou atender os conceitos e saberes ensinados nessa modalidade de ensino. Porém, isso não exclui outros grupos de lerem o material, ou mesmo de terem uma compreensão parcial dos conceitos expostos, já que se trata de um material de divulgação científica. Mas, toda a elaboração do material parte-se do princípio de que o nível de complexidade do conceito é abordado para esse perfil de leitor. Essa complexidade se refere não ao sentido de dificuldade (ou de tornar intencionalmente difícil de compreender), mas sim no grau de entrelaçamento desse corpo de conhecimento com outros saberes e o seu rigor científico.

Sendo assim, no quadro 6 está organizado a proposta da temática do conto, do ponto de vista de elaboração da história como um todo. Estes elementos são ponto de partida no processo de escrita do texto. Como mostrado no quadro abaixo, está esquematizado os elementos principais inseridos e pensados para o conto. Perpassando pelo universo que se entrelaça a história e os personagens e o tipo de relação que se estabelece entre eles. Pois, conforme evidenciado por Grillo (2013) o cronótopo sumariza os principais acontecimentos da história, ou seja, determina o enredo. Logo, torna-se o ponto em que a temática surge, no contexto em que ela se manifesta e nos eventos que se sucedem.

QUADRO 6 – ORGANIZAÇÃO DA ESTRUTURA DOS ELEMENTOS DO CONTO.

<p>Gênero: Conto narrativo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cronótopo: O conto é ambientado no século XIX (1878), num universo “<i>Steampunk</i>” que é uma ramificação do cyberpunk, onde a tecnologia usada é a base de engrenagens e máquinas a vapor. • Conteúdo temático: Se remete a abordar os conceitos científicos da Primeira Lei Termodinâmica energia interna. Conceitos esses vistos tanto pelo viés da termodinâmica clássica, como da estatística. Porém, além disso, se baseará no desenvolvimento dos personagens principais no universo em que se inserem. Ou seja, se baseará em situações problemas em que os personagens se defrontaram e precisaram usar seus conhecimentos e habilidades para chegar a uma melhor resposta. • Posição dos interlocutores: O material didático é voltado para estudantes, logo a relação do locutor (quem produz o conto), para quem poderá ler (estudantes) é uma relação de proximidade. Pois, como o locutor também é discente, de certa forma estará mais sensível às temáticas e dificuldades que contemplam os saberes transpostos, bem como melhor aborda-los no material. Pelo menos, é o que se espera a priori. • Orientação social: São destacados dois personagens principais que exercem funções sociais diferenciadas. A engenheira físico-química Srta. Leonor Spencer (simbolizando a termodinâmica clássica) e o matemático e físico Sr. Josh Write (simbolizando a termodinâmica estatística), mas que exercem discursos hierárquicos semelhantes. Os personagens secundários, o mordomo de Josh, e leal companheiro Sr. Oliver Sands exerce um papel de aprendiz em determinados momentos da trama. Leonor é amiga e o braço direito da rainha Vitória e dos seus projetos surreais para o palácio e para a monarca. 		
<p>Enredo da história</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conto: O Palácio de Cristal Mecânico. <p>A renomada engenheira Físico-química senhorita Leonor Spencer é encarregada do projeto de revitalização do palácio de Cristal a mando da Rainha Vitória. Porém, Leonor não imaginava que o autômato que criou pudesse causar uma grande confusão no dia da exposição.</p>		
<p>São apresentados os personagens e a interação entre eles, além do projeto de Leonor em desenvolver um autômato.</p>	<p>É dada a Leonor e Josh a missão de revitalizar o palácio de cristal mecânico.</p>	<p>No dia da exposição do autômato o Sr. Albert causa um grande desastre. Bem como aparecem os responsáveis por isso.</p>

Fonte: adaptado de Volóchinov (1981 [1930] apud Grillo, 2013 p. 43).

Como evidenciado essa esquematização inicial foi ponto de partida para a escrita das histórias. Primeiramente a ambientação temporal e espacial envolve um gênero literário que ganhou notoriedade nos anos de 1980 e foi ampliado nos anos seguintes. Na verdade, o *steampunk* é um movimento literário derivado de um subgênero da ficção científica, e tem como principal elemento uma tecnologia a base de engrenagens mecânicas e máquinas a

vapor, próprias do auge da revolução industrial. O seu nome deriva justamente de “*steam*” “vapor” e “*punk*”, movimento de contracultura. Ao mesmo tempo em que compila o passado aristocrático e um futuro onde a tecnologia avançou a base de engrenagens e dispositivos. Além disso, tal movimento ganhou bastante representatividade nos últimos anos e não só se limita a literatura, mas também se encontra em outros campos de atuação, como na moda, música, indústria cinematográfica e etc. A escolha desse subgênero foi motivada tanto pela necessidade de compilar o desenvolvimento dos conceitos termodinâmico do ponto de vista histórico. Como também, cujas explicações dos mesmos se baseiem numa visão mais moderna desses conceitos. Enfim, esse entrelaçamento de passado e futuro é possível mesclar no subgênero *steampunk* (HERSCHMANN; PEGORARO; FERNANDES, 2013).

O conteúdo temático se centra nos conceitos científicos, porém não de forma monológica, mas sim são apresentados nos diálogos dos personagens criados. Diante de problemas e situações previamente elaboradas. Onde, esse aspecto foi mais bem destrinchado na seção seguinte, assim como a orientação social desses personagens. Todavia, de forma geral, reúne as relações das vozes dos enunciados, os personagens e a hierarquização de papéis sociais. Assim, tanto representam figuras do mundo científico, mais ou menos responsáveis pelo desenvolvimento dos conceitos termodinâmicos trabalhados. Para que os discursos e afirmações apresentados tenham coerência e respaldo das figuras que as falam. Como também, relações de subordinação de determinado personagem para com outro, tais como senhor e empregado, por exemplo. Isso mediante a época histórica representada: a era vitoriana. Em que tais relações hierárquicas eram bastante comuns.

Logo, percebe-se a necessidade de elaboração de elementos que constituirão determinado gênero. Essa escolha do gênero, e do estilo que estes apresentaram, leva a um determinado tipo de enunciado. Dado pela própria definição de gênero ser um tipo de enunciado, relativamente estável, segundo Grillo (2013). Isso significa que tanto as interações sociais dos personagens, como os seus diálogos e visões de mundo, influenciam no tipo de discurso a ser promovido entre eles. A entonação de vozes, o coloquialismo de expressões da época ambientada. E também a abordagem dos conceitos e suas motivações para tais abordagens. E atrelado a isso, encontra-se também o estilo de escrita por parte do escritor ou escritora, que torna a obra particular desse autor. Então, claramente não é um processo que o autor se isenta na obra que produz, mas é um aspecto que se torna complexo, pois traduz uma ampla gama de estilos, figuras que representam papéis sociais e formas de mensagens da obra do ponto de vista interpretativo.

Sobre o enredo da história, desenvolvido e mostrado no quadro acima, evidência as ações principais que mobilizaram todo o percurso da história, logo o seu começo, meio e fim. Isso não é uma estratégia universal, mas varia de escritor para escritor. Contudo, a etapa do planejamento é fundamental para que, além da obra ser coerente, também seja sensível às suas funções. Que para essa pesquisa, se baseou em ensinar conceitos com rigor científico, mas também entreter, por ser um divulgador científico.

5.2.2 Parte dois: Análise discursiva e dialógica do conto.

Essa seção aborda a segunda parte metodológica apresentada no tópico 4.2 referente à análise dos diálogos e discursos dos personagens e a articulação conceitual pelos mesmos. De modo geral, o conto produzido intitulado, O Palácio de Cristal Mecânico, envolve elementos temporais e espaciais do gênero *Steampunk*. É uma característica interessante nesse gênero, dentre muitas outras observadas, é a versatilidade de abarcar cenários diferenciados a depender da criatividade do escritor ou da escritora, mas ao mesmo tempo utilizar espaços, ou melhor, o cenário histórico como plano de fundo das ações. Segundo apontam Herschmann, Pegoraro e Fernandes (2013), o *steampunk* contribui para trazer elementos reais como também não reais, fictícios. Na história produzida ocorreu bastante isso, pois mesclou cenários que historicamente existiram, como o próprio Palácio de Cristal e o palácio de Buckingham; personagens reais, como a Rainha Vitória, e cientistas mencionados Sadi Carnot e Ludwig Boltzmann; como os que de fato pareceram nas histórias Josiah Gibbs e James Clerk Maxwell. Ao mesmo tempo os personagens protagonistas que são fictícios interagiam entre si, bem como de certa forma se relacionava com os reais.

Para melhor ilustrar isso, no quadro 7 mostra a apresentação dos personagens suas principais características e o contexto que se inserem, mostrando que como evidenciado por Grillo (2013), que seguindo os princípios da teoria discursiva e dialógica de interlocutores, seus enunciados só se validam na relação concreta de interação. Os discursos também estão carregados de relações de mundo, os papéis sociais que exercem. E isso só se torna visível e perceptível na medida em que os mesmos interagem entre si.

QUADRO 7 – CARACTERIZAÇÃO DOS PERSONAGENS NO CONTO PRODUZIDO.

Os principais personagens criados no conto são apresentados na ordem de importância para a história.

- Leonor Spencer Sadi Carnot – Engenheira Físico-química filha do físico Sadi Carnot, mora em uma

residência luxuosa com a sua governanta. Tem tendência a usar roupas informais de trabalho (calças), mas muito rígida e fervorosa em seus ideais, em defender seus trabalhos a nível macroscópico. Desenvolve peças, autômatos, máquinas a vapor, sendo encarregada de vários projetos da Rainha Vitória, sua grande amiga. Tornando-a um tanto vaidosa, como mostra nos constantes atritos com Josh.

- Josh Write Willard Gibbs – Físico matemático americano, viajante no tempo, desenvolve trabalhos teóricos a nível quântico e estatístico. Vive em um tempo diferente de Leonor, em 1930. Foi chamado para a Londres Vitoriana e tem um relacionamento conturbado com Leonor. É bastante ranzinza, circunspeto e metódico, dificilmente é irritado, a menos que o provoquem demasiadamente. É sobrinho do cientista Josiah Gibbs.
- Oliver Sands – Mordomo de Josh, que tem a tendência a ser pacificador e bastante competente em seu trabalho. Da mesma forma, que tem uma grande curiosidade pelos trabalhos científicos. Sendo um grande aprendiz para Leonor.
- Rainha Vitória – Monarca da coroa inglesa, sua natureza é bem reservada, como qualquer membro da realeza. Exerce influência em diversos âmbitos, conhece um pouco de desenvolvimento científico e tecnológico, por isso tem como relações próximas Leonor, que também considera como uma filha.
- Josiah Willard Gibbs – Cientista americano, tio de Josh, que vive em 1930, exerceu contribuições para a física química e mecânica estatística. É responsável por aparições suspeitas no laboratório de Leonor, em busca de seu amigo que está almejando uma revolução em toda Londres e também na ciência.
- Ludwig Boltzman – Físico austríaco que exerceu contribuições para a termodinâmica estatística ao lado de Gibbs e Maxwell, responsável pelos ataques dos autômatos que Leonor criou, em dois momentos. Deseja uma revolução científica e política para a monarquia. Tem uma natureza muito agressiva o que torna suas motivações atenuadas e não muito confiáveis.

Fonte: Adaptado de Grillo (2013, p. 26).

Como mostrado, é visível a presença de figuras carregadas de representatividade no mundo científico e no universo em que estão inseridos. Tornando todas as relações mais coerentes e plausíveis a época histórica representada, ou seja, pelo fato de os personagens principais serem figuras renomadas, cientificamente, torna mais aceitável seus diálogos a nível das teorias explicitadas, em desenvolverem seus trabalhos científicos com laboratórios a sua disposição. Assim, como figuras do mundo científico que realmente existiram, e que estão relacionados aos pressupostos teóricos apresentados na obra. A proposta dos personagens em terem certo destaque social, não foi tendenciosa, como querer supervalorizar grupos sociais em detrimento de outros; mas sim ilustrar o cenário da época vitoriana vivido na realidade, e que era e é conhecido pelas diferenças de hierarquias sociais. Da mesma forma como o acesso ao conhecimento letrado era privilégio apenas das camadas mais abastadas, o que com o tempo, obviamente, isso foi sendo modificado. E, além disso, mesmo que cronótopo escolhido tenha elementos retrofuturistas (passado e futuro), e essa mescla com elementos fantástico; ao todo, não foge muito dos aspectos sociais vividos na época.

Além disso, embora houvesse a menção de figuras reais que tiveram significativas contribuições para o contexto em que viveram, seja ele científico como também político, suas

personalidades e atitudes são todas elaboradas de forma a propiciar o andamento da história, e nada tiveram haver com as devidas pessoas vividas. Ou seja, todos os personagens criados, sejam eles reais ou não, tiveram suas características pessoais criadas para a história.

No que tange aos aspectos atrelados aos conceitos científicos nos discursos desses personagens, deve-se levar em consideração, aos elementos abarcados por Bakhtin acerca dos discursos gerados, levando em consideração esse processo de diferentes orientações desses, no diálogo. E, como a fala se complementa quando relacionada com o outro personagem, que tem uma participação ativa e carregada de responsabilidade com o enunciado que gera. No quadro 8, estão destacados trechos recortados do conto produzido, que retrata o que foi mencionado, acerca dos diferentes tipos de discurso e do saber científico atrelado neles.

QUADRO 8 – ANÁLISE DO DISCURSO E DIÁLOGO DOS PERSONAGENS.

Os discursos e diálogos dos personagens foram identificados pelos respectivos nomes de quem os enunciou, para tornar mais evidente as vozes do discurso.

- 1) **Leonor:** [...] Então, eu realizei trabalho sobre esse sistema, ou no caso realizaria, estando nele algum tipo de componente, alguma substância seja gasosa ou condensada. Então, à exemplo se fosse um gás, aplicando uma dada força que deslocou o pistão para baixo, variei o volume desse gás.

Oliver: Compreendi, então haverá uma diferença de pressão!

Leonor: Isso, pois volume e pressão são inversamente proporcionais, segundo a lei dos gases ideais. Ou, melhor dizendo forneci energia ao sistema na forma de trabalho que fez aumentar a energia cinética das moléculas dentro do cilindro, a uma dada temperatura constante. [...]

...

Leonor: [...] Se eu tirar minha mão agora, e não colocar nenhum peso em cima, o que será que aconteceria? – Oliver a viu retirar sua mão e o pistão subir até parar.

Oliver: O valor no detector ficou menor do que antes!

Leonor: [...] devido ao aumento da energia cinética do gás que promoveu mais colisões entre suas moléculas e partículas com a superfície do pistão, graças ao aumento de pressão. Então, o sistema realizou trabalho, levando a diminuição da energia interna. Claro, como esse dispositivo que fiz é fechado, não perde matéria para a vizinhança, mas sim energia, pode-se determinar corretamente a variação da energia interna, ou o seu ΔU . [...]

- 2) **Leonor:** [...] Então basicamente sua explicação corrobora para o fato observado, porém de forma mais voltada a natureza molecular.

Josh: É isso Leonor! – Josh ficou realmente eufórico diante do que a mesma falou. – Foi justamente isso que tentei te mostrar todo esse tempo. Utilizo bases da teoria molecular e quântica em prol de responder essas questões cujo nível não seja acessível ao olho nu, com base em teorias significativas para isso.[...]

...

Leonor: [...] Veja, como foi explicado, a energia interna é um conjunto de energias presentes no sistema, então toda sua elucidação se torna difícil de mensurar, devido a natureza química envolvida, todos os tipos de energia envolvido, bem como as conversões energéticas teriam que ser devidamente calculados. Além do que Josh mencionou sobre o desenvolvimento de modelos moleculares, que não tenho uma ampla noção para lhe explicar. Mas, com base nisso, temos a forma de determinar ΔU , devido à mesma ser uma função de estado. – E antes que pergunte, uma função de estado depende apenas do estado que o sistema se encontra e não da forma como chegou nele. Então conhecendo o estado que inicio meu sistema e o seu final, eu determino a

variação de energia do meu sistema.[...]

3) **Oliver:** [...] *Tudo isso me parece abstrato demais senhorita! – Oliver realmente achava tudo formidável, mas ao mesmo tempo como se fosse algo muito mítico.*

Josh: *Quem trabalha com isso tem um toque de mágico também! – Falou Josh. – Porém, brincadeiras à parte tudo isso é o puro brilhantismo da inventividade humana em buscar de evoluir, bem como o ambiente a sua volta. [...]*

Fonte: Adaptado de Grillo (2013, p. 26).

No quadro 8 estão apresentados em destaque trechos dos contos em que estão retratando elementos importantes para análise. Segundo o apresentado por Grillo (2013), sobre o trabalho do teórico russo sobre os tipos de discursos apresentados, nos trechos acima destacados. Os mesmos estão devidamente numerados para que seja possível melhor identifica-los. No recorte 1, os trechos falados por Leonor sobre um determinado processo experimental que estava realizando, apresentaram ligeiras modificações, no decorrer do texto. Ou seja, foi se complementando com outras informações que a própria fornecia à medida que Oliver compreendia cada etapa do raciocínio dela. Na primeira frase ela explica como faria o experimento, depois pela conclusão de Oliver, ela levou a concluir o fenômeno usando a lei dos gases, porém posteriormente reformulou sua colocação em termos de aumento da energia cinética e aumento de colisão provocando elevação da pressão. E, por fim, em cenas posteriores, retoma a dialogar sobre a mesma situação, explorando o fato de o sistema realizar trabalho e a energia interna diminuir. Logo, houve um caminho crescente na abordagem de elementos ao texto, em cada movimento de diálogo em que via o entendimento de Oliver. Ilustrando um discurso sobre diferentes variações do mesmo. Ou melhor palavra voltada para diferentes discursos.

Continuando, no recorte 2, o diálogo entre Leonor e Josh evidência o movimento de apropriação do conceito que Josh tentava sempre lhe explicar, a relação dos fundamentos estatísticos, com as teorias moleculares para explicar os fenômenos observáveis clássicos, e a mesma no início do conto sempre relutava em aceitar. Porém, a medida que abriu espaço para permitir compreender os fenômenos fora da sua área de estudo, devido à época que vivia, diferente da de Josh, cujo a dele já havia resultados de estudo mais voltado a teoria molecular e quântica dos fenômenos. Tudo isso, claramente, mostra um discurso bivocal, a duas vozes, onde o discurso de um influenciou na fala do outro. Da mesma forma que em fala posterior, no texto, ela usa o discurso de Josh como elemento explicador para Oliver, mesmo que não compreendesse todo o fundamento da teoria. Assim, todo esse movimento de aceitação de novas visões teóricas fora do seu escopo de visão, é um contraponto ao que muitos cientistas

em seus contextos de vida experienciaram, como a resistência da comunidade científica diante de novas teorias. No conto em questão, o entendimento de Leonor sobre o trabalho de Josh não é pontuado em apenas um trecho, mas sim, no decorrer de todo o conto.

No recorte 3, destaca um diálogo em que Oliver mesmo compreendendo todos os pontos apresentados por Leonor e também perguntas suas que eram respondidas, em seu discurso, mostra uma certa dificuldade de total abstração dos processos. Além de ver todo esse corpo de saber com um nível de admiração curiosa, e da mesma forma como Josh faz alusão ao termo “mágico” para corroborar com a fala de Oliver, numa espécie de transmissão da palavra do outro com variação na entonação, com uma determinada característica, sentido de leveza ao diálogo. Ou, também chamado de discurso bivocal de orientação vária.

De uma forma geral, esses movimentos dialógicos dos personagens prosseguiram durante todo o texto, seja num maior ou menor grau. Mas, houve momento de que apenas o diálogo era entre pessoas que já conheciam a realidade científica (Leonor e Josh). Ou momentos de instrução e letramento para quem estava curioso para melhor entender o fenômeno (Leonor e Oliver). Ilustrando dois níveis de discurso onde os conceitos científicos são abordados de forma particular; um maior grau de profundidade, sem precisar explicar todos os termos usados. Enquanto no outro tipo estão apresentados os fundamentos teóricos e sendo mais explicativo para os termos científicos.

Por fim, no quadro 9, para complementar todo o exposto é evidenciado os papéis sociais dos personagens, focando no entendimento destes sobre a ciência, e observar isso é importante para perceber a coerência dos discursos dos personagens; sobre o que o escritor ou escritora, autor da obra (locutor) apresenta de informações sobre os mesmos.

QUADRO 9 – VISÕES DE CIÊNCIA PELOS PERSONAGENS.

Os conceitos científicos: segundo os principais personagens caracterizados.

Para Leonor Spencer que é uma inglesa com *status* social elevado e, ainda por cima cientista, tem uma visão de ciência que envolve todo o corpo de conhecimento que seu pai Carnot estudou, bem como o que ela continua trabalhando, a termodinâmica clássica, e todos os fundamentos que dela faz parte. E por ser reticente ao que é novo, isso acaba a atrapalhando em diversos momentos. Contudo, na convivência com Josh aprende a perceber essas diferenças e acaba entendendo que os significados que Josh lhe apresenta não é diferente do que ela sabe, mas apresenta uma abordagem diferenciada.

Josh Write é um cientista americano que vê na ciência uma grande forma de aprender e compreender fenômenos, apesar de metódico sempre está disposto a aprender e a revisitar seus moldes teóricos. O oposto de Leonor que é ligada as tradições no mundo acadêmico. Josh conhece outras ciências como a biologia, devido as suas diversas viagens entre universos. O que o torna um grande letrado e bastante receptivo a novas descobertas científicas.

Oliver Sands é um americano e mordomo de Josh que tem contato com a ciência devido à proximidade

com seu padrão. Mesmo não sendo um cientista que desenvolve algo para o ambiente em que vive é um admirador dos feitos científicos e tecnológicos advindos de Josh; também, a considera uma área do saber que não deve ser subestimada, é bastante complicada e sua curiosidade supera seu receio quando bem instruído tem uma boa capacidade de raciocínio. Apresentando um potencial para se tornar um grande cientista no futuro.

Rainha Vitória é a monarca da coroa inglesa que tem grande influência e prestígio em todo o mundo. Tem um gosto pela ciência, devido ao encanto que seu falecido marido teve por ela. Embora não lide com essas questões em seu cotidiano, percebe a importância que a ciência e tecnologia tem para o desenvolvimento para o seu reino.

Fonte: Adaptado de Grillo (2013, p. 26).

Enfim, toda essa gama de características e peculiaridades próprias dos quatro personagens centrais elaborados, também retratam contextos e esferas da atividade humana que refletem essas visões e concepções. Da mesma forma, cada personagem é complexo, fora de padrões estereotipados de bem e mal. Cada personagem tem suas motivações, diante da visão que tem do mundo, da ciência, e dos seus pontos de vista a importância dela na sociedade. E, no conto, mesmo que de forma reduzida, tentou mostrar isso, a relação entre o saber científico e como isso pode influenciar a sociedade vigente em conhecer e também ser ator da sua aprendizagem.

5.3 ESTRUTURAÇÃO DOS CONCEITOS CIENTÍFICOS TRANSPOSTOS NO ENREDO DOS CONTOS.

Para complementar o que foi realizado na seção anterior, organizou-se os dados referentes à transposição didática do material produzido, o conto; e identificando os conceitos científicos presentes na obra e numa breve descrição de sua abordagem. Logo, configurando como uma transposição didática no sentido contrário ao usual. Ou seja, é comum utilizar a transposição didática de materiais de referência produzidos pela noosfera, ou mesmo por especialistas e cientistas para uma finalidade didática, modificando conceitos ou mesmo a abordagem desse conceito com outro formato de apresentação. E, que melhor se adequa a finalidade didática em questão.

Como defendido por Chevallard (1991 apud Menezes, 2006), os critérios desenvolvidos para a transposição didática de produções científicas até serem disseminadas para um público não especializado, envolve constantes reelaborações. Contudo, é fundamental estar atento que essas modificações devam respeitar o rigor teórico e não deslegitima-lo, ou venha a gerar dificuldades de entendimento do conceito, o que seria um aspecto negativo do material proposto e indo contra o que é defendido para o mesmo.

No conto, os conceitos articulados estão na ordem de apresentação durante o texto, como exposto na tabela 7. Além de uma ligeira descrição de como esses conceitos foram abordados.

TABELA 7 - TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DE CONCEITOS A PARTIR DO CONTO.

Ordem	Conceito Transposto	Descrição de como foi apresentação no material
1	Trabalho	Citou tal termo conceitual, mas sem melhor definir, apenas a alusão do trabalho como uma grandeza.
2	Ciclo de Carnot	Discutindo a relação do experimento do modelo de Carnot a nível teórico e eficiência de uma máquina, levando da relação de dissipação de calor e de trabalho gerado.
3	Energia	Como transformação térmica, cinética e no trabalho, mencionando o princípio conservativo da energia e na tendência ao equilíbrio termodinâmico dos processos.
4	Calor	Apresentou o conceito sem uma definição precisa e relacionando à diferença de temperatura.
5	Conceitos estatísticos	Mencionou superficialmente conceitos estatísticos e quânticos de estados dos níveis de energia fundamental e excitado, além de sua subordinação com a temperatura.
6	Reações químicas	Discutiu rapidamente reações químicas e na geração de energia por meio delas, além das envolvendo oxidação de metais, citado rapidamente sem melhor discutir.
7	Sistema	Citou o termo sem qualquer definição, apenas aplica ao contexto da fala do personagem.
8	Calor	É definida como transferência de energia pela diferença de temperatura.
9	Trabalho	É definida como deslocamento de um corpo contra a ação de uma força.
10	Lei dos gases ideais e reais	É definida como uma relação menos complexas da natureza dos gases, relacionando variáveis de estado que caracterizam esse sistema. E compara com os reais sem definir tão formalmente.
11	Sistema e vizinhança	É definido formalmente, o sistema como algo sobre investigação e vizinhança como o local que não seria o sistema e onde realiza as investigações.
12	Energia Interna	É definida como variável de estado que caracteriza o sistema, que informa os modos de energia presentes num dado sistema. Sua relação com a temperatura e volume. E, sua definição em termos de derivadas parciais.
13	Variação de Energia Interna	É definida a variável como relação ao calor mais o trabalho.
14	Energia Interna segundo a estatística	É definida como as diferentes formas de energia, rotacional, vibracional, translacional e eletrônica e nuclear de uma molécula, apresentada por meio de uma função de partição “q”.
15	Modelos quânticos	Alusão a conceitos sem defini-los, tais como: partícula na caixa, oscilador harmônico, rotor rígido.
16	Termodinâmica	É definida como estudo das propriedades de um sistema com base em princípios e bases matemáticas sólidas. Fez menção as leis da termodinâmica, definindo apenas a primeira lei.
17	Elementos estatísticos	Variáveis de estado com base nos seus valores médios, populações de estados, referência a ensembles.
18	Funções de estado	É definida por meio da explicação com a energia interna e a mesma depender apenas dos estados iniciais e finais.
19	Energia interna	É definida em termos de acesso a estados disponíveis de energia, ao aumento de temperatura. Uma referência ao conceito de entropia. Da mesma forma, a convenção de trabalhar a convenção de sinal para o trabalho e calor na fórmula empírica.
20	Processos adiabáticos	É definido sem haver transição de energia térmica, calor igual a zero.
21	Trabalho de expansão	É definido o trabalho de expansão livre no vácuo ser nulo.

Fonte: Própria

Pelo observado na tabela acima, existiu uma abordagem gradual dos conceitos durante os diálogos e interação dos personagens entre si. Ou seja, alguns conceitos são apresentados no início de forma bastante superficial e à medida que a narrativa prossegue são retomados, na forma dos discursos dos personagens, com mais elementos e assim dando substancialidade ao mesmo. E, isso foi um aspecto interessante, pois mesmo conhecendo a limitação do material preparado em não poder abordar todos os conteúdos com o devido aprofundamento conceitual, como apresentado no quadro 4 e 5. Pelo menos, ao centrar em poucos conceitos e os desenvolvendo relativamente bem, já será um material mais pertinente a sua finalidade. Nesse ponto, adentra-se no cuidado em tornar o material didático transposto coerente, para não gerar dificuldades mais acentuadas de entendimento, por isso a necessidade das constantes revisões e apropriações por diferentes materiais textuais. Além de artigos científicos que abordem dificuldades de aprendizagem dos estudantes sobre tais conceitos.

No que se refere aos critérios de Chevallard (1991 apud Menezes, 2006), sobre os processos de transpor didaticamente um saber presente em uma ferramenta de publicação para outra. Tais como a dessincretização do saber, e despersonalização do saber dos conceitos retirados do conto, não foi tão difícil de realizar, tanto que ocorreu quase que simultaneamente. Pois, o conhecimento científico transposto, tanto partiu de um material de referência já devidamente estudando, além de que a abordagem dos conceitos é bem mais reduzida, como se pode comparar a tabela 7 apresentada com os quadros 4 e 5 sobre os conteúdos nos livros. Por isso, não foi tão complexo de compreender.

Por fim, observa-se que além de haver essas abordagens dos conceitos, e se aprofundando deles à medida que os personagens dialogavam entre si. O que se torna um ponto interessante, pois os conceitos podem aparecer de forma mais natural, em um diálogo e conversação; podendo até mesmo facilitar sua compreensão. Além do que foi apontado, também houve a presença de conceitos, ciclo de Carnot e reações químicas, que segundo apresentado no quadro 4, referente a termodinâmica clássica, é apresentada posteriormente ao conceito de energia interna. Como em entalpia, abordando liberação de energia em reações químicas, ou mesmo o ciclo de Carnot para o conceito de entropia. Porém, mesmo havendo essa diferenciação, causada pelo enredo da história e ação dos personagens, o ciclo de Carnot focalizou nas trocas de energia na forma de calor e trabalho. Assim como, os sistemas reacionais químicos não foram devidamente aprofundados. Logo, isso não é um erro crítico, mas sim apenas um reflexo de que a ciência se relaciona intimamente com outras áreas e que a delimitação que se faz dela é uma prática artificial para o contexto de ensino como bem aponta Chevallard.

Com relação a um futuro potencial de aplicação em sala de aula, espera-se que esse material, por ter um viés de divulgação científica e em retratar saberes científicos numa abordagem mais conceitual e lúdica, seja uma obra complementar a formação acadêmica de estudantes cursando a disciplina de Físico-química. Pois, como o conto se baseou em livros didáticos dessa disciplina, buscou-se respeitar o rigor científico e sua estrutura. Além de que, como obra complementar apresenta um entrelaçamento de conceitos da termodinâmica estatística com a termodinâmica clássica, algo muito oportuno para a realidade acadêmica. Porém, por ser um conto, qualitativamente longo, sua abordagem em uma aula poderia ser trabalhada de forma gradual, por meio de trechos de fala e de diálogos. O que, com mais engajamento e estudo, essas formas de abordar tal material em sala poderá ser melhor caracterizado.

5.4 LEVANTAMENTO DAS LIMITAÇÕES DO MATERIAL DIDÁTICO PRODUZIDO.

A seguir serão apresentados em forma de texto descritivo as principais limitações e dificuldades encontradas no processo de elaboração do material didático e possíveis motivações.

Um dos pressupostos observados como possível aspecto limitador, inicialmente observado, envolveu o que foi exposto por Grillo (2013) na seção da fundamentação teórica; o da necessidade de se planejar um processo dialógico pertinente acerca do perfil de público destinado, bem como da caracterização desse gênero e do estilo que ele apresenta. Esse apontamento tido como limitador adveio do cuidado observado em não somente desenvolver um enredo de uma história (delineado composicionalmente), estilo, roteiro, personagens com sentido e que estabeleça todos os requisitos necessários. Mas também, no que diz respeito a sua aceitação pelo leitor. E isso, se mostrou um desafio, diante de não apenas delinear um enredo de história que motivasse o escritor a escrever, mas também, para que o leitor se estimulasse a ler.

O segundo aspecto limitador, envolveu a própria questão dos conteúdos abordados, pois a mesma, do ponto de vista estatístico envolve um aparato de conteúdos da química necessários ao seu entendimento, teoria quântica, por exemplo. E, do ponto de vista que sua matemática também é refinada, visto que envolve variáveis diferenciadas, e com um grau de generalização maior do que a termodinâmica clássica. Por isso, preocupou-se em não realizar um aprofundamento dos conteúdos e nem da matemática estatística (pois, não seria pertinente ao escopo do trabalho). Porém, seu aspecto teórico é passível de compreensão, desde que

usados de forma pertinente, e ilustra o grau de entrelaçamento de conteúdos que a priori podem parecer distantes um do outro.

Terceiro ponto é a estruturação dos conteúdos de forma resumida, mostradas nos quadros 4 e 5, pois como foi escolhido os conceitos a serem trabalhado no conto, isso significou reduzir bastante a ampla aplicação da termodinâmica, bem como na dependência das variáveis para os demais processos evidenciados nas três leis da termodinâmica. Por isso, que na primeira parte, o estudo se baseou na leitura de todo o material referente a termodinâmica, para que depois fosse realizado esse filtro de conceitos.

Quarto ponto envolveu, a estruturação dos conceitos nas histórias, pois não foi uma etapa que apareceu rapidamente em termos de já conseguir delimitar todos os eventos que decorreriam as ações, ela foi criada à medida que eram escritas. Da mesma forma, houve conceitos que apareceram de forma que tornou-se coerente no enredo, porém do ponto de vista do conteúdo é mais aprofundado no estudo das demais leis termodinâmicas.

Enfim, alguns desses pontos permitiram evidenciar que mesmo uma pesquisa, independente do seu grau de acurácia, apresenta limitações, e não é nenhum demérito as mencionar. Ao contrário, quando se trata em desenvolver um produto, seu resultado pode não ser efetivo em todos os momentos, da mesma forma os apontamentos e limitações podem variar a depender de quem o preparar. Ao mesmo tempo em que mostrar as limitações, mais do que inferiorizar o material proposto, busca levar a instigar futuras estratégias de melhoria para o mesmo; até a sua efetiva aplicação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seguinte pesquisa ao pretender desenvolver um material didático que trouxesse em seu escopo dois gêneros, o científico e o literário na forma de um conto, abordou cada qual com suas nuances e singularidades. Seus estilos, composição e temáticas que lhe são cabíveis. Apesar de a ciência ter um rigoroso método de compreensão e análise de diversos fenômenos em estudo, ela permite essa flexibilização de adequação conceitual, em termos de linguagem, derivando os processos de transposição didática e divulgação científica do saber científico para o âmbito educacional e social. E, como para o ambiente de ensino, geralmente as formas mais comuns de manifestação desses gêneros é por meio de materiais didáticos; o estudo desses recursos educacionais, se torna fundamental para se buscar formas e estratégias de melhor implementar o conhecimento científicos neles.

Porém, como evidenciado a produção de materiais didáticos é uma área de pesquisa com poucos núcleos de pesquisa nas universidades. O que leva a um problema em escala, pois, se tal linha de estudo não é mobilizada no ambiente de formação de professores, estes poderão apresentar lacunas referentes a produzir seus próprios materiais para melhor se adequar a realidade em que estão lecionando; prosseguindo então com as mesmas estratégias usadas corriqueiramente.

Da mesma forma, como muitos educadores, sejam no ensino básico como no superior, são defrontados com extensos currículos e aulas, limitando ainda mais a preparação de materiais didáticos pelos próprios educadores. Aliado a isso, a dificuldade que muitos estudantes têm em compreender certos conceitos científicos. Que, nesse trabalho, se remeteu aos conceitos da primeira lei termodinâmica, centrados no conceito de energia interna, por estudantes de química no ensino superior, devido ao suporte matemático referente a mesma. E, principalmente a dificuldade de compreender certas afirmações quando são defrontados com ela.

No trabalho desenvolvido, seguindo esses apontamentos buscou-se preparar o material, compreendendo os conceitos atrelados a primeira lei termodinâmica. Para isso foram usados livros didáticos de Físico-Química utilizados no ensino superior, além de artigos científicos sobre essa temática. Buscando-se assim compreender como os conteúdos são estruturados nesses materiais.

Posteriormente, levando em consideração que o gênero escrito proposto fosse um conto, há nesse tipo de gênero o uso da interação de personagens, bem como, levando em consideração o ambiente criado e desenvolvido, toda uma relação dos personagens com os

seus discursos relacionados aos saberes científicos em questão. E, compreendendo como isso se decorreu no texto. Levando a estabelecer relações de proximidade com a história e com os saberes, ou seja, em criar situações-problemas que podem não ser tão possíveis de serem obtidas em livros didáticos de caráter mais técnico. Da mesma forma, que levando em consideração os saberes que foram apresentados no material, estabeleceu-se algumas modificações já esperadas, mas que não foi algo tão drástico e crítico. Mas sim tornou a obra mais interessante.

Agora, considerando o contexto de aplicar a obra em sala de aula, espera-se que a mesma seja concebida como um material didático válido e capaz de ser implementando nas aulas da disciplina, de modo que possa ser utilizado de forma gradativa nas aulas, trabalhando diálogos e trechos de falas. Além disso, também pode ser uma obra de estudo complementar para estudantes em formação. Mas que para tornar isso mais diretivo, se necessita ainda um melhor aperfeiçoamento do material, e na sua ampliação.

Por isso, essa pesquisa vem não apenas para produzir um material, mas também sensibilizar os centros e universidades, para o desenvolvimento de mais linhas de pesquisas nessa área, e que tais materiais produzidos sejam constantemente atualizados e refinados. Para serem disseminados as escolas e instituições de ensino. Promovendo uma relação de proximidade entre universidade e sociedade. Além disso, com pesquisas futuras, espera-se que além desse material, mais outros sejam produzidos. Seja na forma de volumes, edições etc. Logo, em produção de antologias, livros com diversos contos que retratem mais conceitos termodinâmicos e de forma bem mais aprofundada.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. J. P. M.; RICON, A. E. Divulgação científica e texto literário - uma perspectiva cultural em aulas de física. **Cad. Cat. Ens. Fís.** Florianópolis, v.10, n.1. p.7-13, abr. 1993.

ATIKINS, P.W.; PAULA, J. **Físico-química**. Vol.1. Trad. E. C. da Silva [et al.]. 8. ed. São Paulo: LTC, 2010.

_____. **Físico-química**. Vol. 2. Trad. E. C. da Silva [et al.]. São Paulo: LTC, 2008.

BALL, D. W. **Físico-química**. Vol.1. Trad. A. M. Vichi. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

_____. **Físico-química**. Vol.2. Trad. A. M. Vichi. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

BOCKHOFF, F. J. A model for introducing the entropy concept. **Journal of Chemical Education**. v. 39, n. 7, p. 340-342. July 1962.

BORGES, R. C. P. **Formação de formadores para o ensino de ciência baseado em investigação**. 2010. 257 p. Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CHEVALLARD, Y. Sobre a Teoria da Transposição Didática: algumas considerações introdutórias. **Revista de Educação, Ciências e Matemática UNIGRANRIO**. Rio de Janeiro. v. 3. n. 2. p. 1-14. mai/ago. 2013.

CUNHA, F.S.; OLIVEIRA, S. K. G.; ALVES, J. P. D.; RIBEIRO, M. E. N.P. Produção de Material Didático em ensino de química no Brasil: um Estudo a partir da Análise das Linhas de Pesquisa CAPES e CNPQ. **HOLOS**. Rio Grande do Norte (RN). v. 3 Ano 31, p. 182-192. Jun. 2015.

DE LUCA. S. L. El Baúl de los Recursos: Proyecto para la organización, adquisición y optimización de materiales para el aprendizaje. **La Revista Iberoamericana de Educación** es una publicación editada por la OEI. 2003. Disponível em: <<https://rieoei.org/historico/deloslectores/experiencias65.htm>> Acesso em: 08 de abril de 2018.

FREITAS. O. **Os Equipamentos e materiais didáticos**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007. Centro de Educação a Distância. 132 p. ISBN: 978-85-230-0979-3.

GALVÃO, C. Ciência na literatura e literatura na ciência. **Revista Interações**. v. 2. n. 3. p. 32-51. 2006.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 1. ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009. Série Educação a distância. 120 p. ISBN: 978-85-386-0071-8.

GONEN, S. Application of the First Law of Thermodynamics to the Adiabatic Processes of an Ideal Gas: Physics Teacher Candidates' Opinions. **Science Education International**. v. 25 Issue 4, p. 372-395, 2014.

GRILLO, S. V. C. **Divulgação Científica: linguagens, esferas e gêneros**. 2013. 334 p. Tese (Livre-Docência) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

_____. Divulgação Científica na esfera midiática. **Revista Intercâmbio**, v. 15. São Paulo: LAEL/ PUC-SP, ISSN: 1806-275X. 2006.

HERSCHMANN, M.M; PEGORARO, E.; FERNANDES, C. S. Steampunk e retrofuturismo: reflexos de inquietações sociotemporais contemporâneas. **ESPM, comunicação mídia e consumo Ano 10**. v.10 n.28 p.209-228. Mai./ago. 2013.

JIMENEZ, I. C. S. Bakhtin e a dialética discursiva: pressupostos teóricos para uma leitura de A Hora da Estrela de Clarice Lispector. **Revista Tempo da Ciência**. v. 12. n. 23. p. 115-124. 2005.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: O caso do ensino das ciências. **Revista São Paulo em perspectiva - SciELO**. São Paulo (SP). v. 14. n. 1. p. 85-93. 2000.

MACHADO, B.; WOJCICKOSKI, V. S. O lúdico no ensino superior: uma proposta de inovação pedagógica. **Revista Eletrônica Saber**. v. 37, p. 1-8, 2017.

MACQUARRIE, D. A.; SIMON, J. D. **Physical Chemistry: A Molecular Approach**. University Science Books, 1997.

MARANDINO, M. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. **Revista Brasileira de Educação**. n. 26. p. 95-183, trim. 2004.

MELLO, Paulo Eduardo Dias. **MATERIAL DIDÁTICO PARA JOVENS E ADULTOS: história, formas e conteúdos**. 2010. 254 p. Tese (Doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MENEZES, A. P. A. B. **Contrato didático e Transposição didática: Inter-relações entre os fenômenos didáticos na iniciação à álgebra na 6ª série do ensino fundamental**. 2006. 259 p. Tese (Doutorado). Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

MOLLON, N. D.; VIANA, R. O Círculo de Bakhtin e a Linguística Aplicada / The Bakhtin Circle and Applied Linguistics. **Bakhtiniana: Revista de Estudos do Discurso**. São Paulo, v. 7. n. 2. p. 142-165, Jul./Dec. 2012.

MORTIMER, E. F.; CHAGAS, A. N.; ALVARENGA, V. T. linguagem científica *versus* linguagem comum nas respostas escritas de vestibulandos. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul. v. 3, n. 1, p. 7-19, 1998.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MEDONÇA, V. M. O ensino de ciências no Brasil: História, formação de professores e desafios atuais. **Revista HISTEDBR On-line**. Campinas (SP). n. 39. p. 225-249, set. 2010.

NEVES, K. C.; BARROS, R. M. O. Diferentes olhares acerca da transposição didática. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul. v. 16, n.1. p. 103-115, 2011.

NOGUEIRA, M. L. **Reflexões sobre a elaboração de Material Didático para Educação a Distância**: uma experiência CEAD-UNIRIO. 2012, 145 p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Artes & Design, Rio de Janeiro: Pontifica Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2012.

PIASSI, L. P.; PIETROCOLA, M. Quem conta um conto aumenta um ponto também em física: contos de ficção científica na sala de aula. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física. 17., 2007. São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP. 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0129-2.pdf>> acesso em: 19 de junho de 2018.

PINTO, G. A. **Divulgação Científica como literatura e o ensino de ciências**. 2007. 227 p. Tese (Doutorado). São Paulo: Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2007.

POSSOLY, G. E.; CURRY, P. Q. Reflexões sobre a elaboração de materiais didáticos para educação a distância no Brasil. In: IX Congresso Nacional de Educação EDUCERE III encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia, 9., 2009. Curitiba. **Anais...** Curitiba: PUCPR, 2009. p. 3447-3462.

RIBEIRO, E. R. metalinguística e linguística: do diálogo entre Bakhtin e Saussure. **Periódico acta semiótica et lingvistica**. Paraíba: Universidade Federal da Paraíba UFPB, v. 19. n. 2. p. 38-47, 2014.

ROSA, V., ROSA, S. S.; LEONEL, A. A. A arte de escrever contos para a aprendizagem significativa de conceitos científicos. **Aprendizagem Significativa em Revista**. v. 5. n. 1. p. 33-56, 2015.

SCHAEFER, S. Dialogismo, polifonia e carnavalização em Dostoievski. **Bakhtiniana: Revista de Estudos do Discurso**, São Paulo, v. 6. n. 1. p. 194-209, Ago./Dez. 2011.

SILVA, E. L.; GIORDANI, E. M. Aprendizagens de professores e alunos com materiais didáticos nos anos iniciais do ensino fundamental. In: IX CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EDUCERE III ENCONTRO SUL BRASILEIRO DE PSICOPEDAGOGIA, 9., 2009. Curitiba. **Anais...** Curitiba: PUCPR, 2009. p. 8807-8099.

SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência e Tecnologia: transformando a relação do ser humano com o mundo. IN: IX SIMPÓSIO INTERNACIONAL PROCESSO CIVILIZADOR: TECNOLOGIA E CIVILIZAÇÃO, 9., 2005, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa-PR: UTFPR, 2005. Disponível em: <<http://www.uel.br/grupo-estudo/processoscivilizadores/portugues/sites/anais/anais9/artigos/workshop/art19.pdf>> Acesso em: 14 de maio de 2018.

TARTAR, E; OKTAY, M. Students' Misunderstandings about the Energy Conservation Principle: A General View to Studies in Literature. **International Journal of Environmental & Science Education**. v. 2(3), p. 79-81, 2007.

TEZZA, C. Material didático: um depoimento. **Educar em revista**, Editora UFPR, Curitiba, n. 20, p. 35-42. Jul/dez. 2002.

ZANETIC, J. Física e Arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro-Posições**, Campinas (SP), n. 1 (49), v. 17, p. 39-47, jan/abr. 2006a.

_____. Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 13 (suplemento), p. 55-70, out. 2006b.

APÊNDICE A - CONTO

As aventuras de Leonor Spencer e Josh Write

No Mundo Termopunk

Joana D'arc

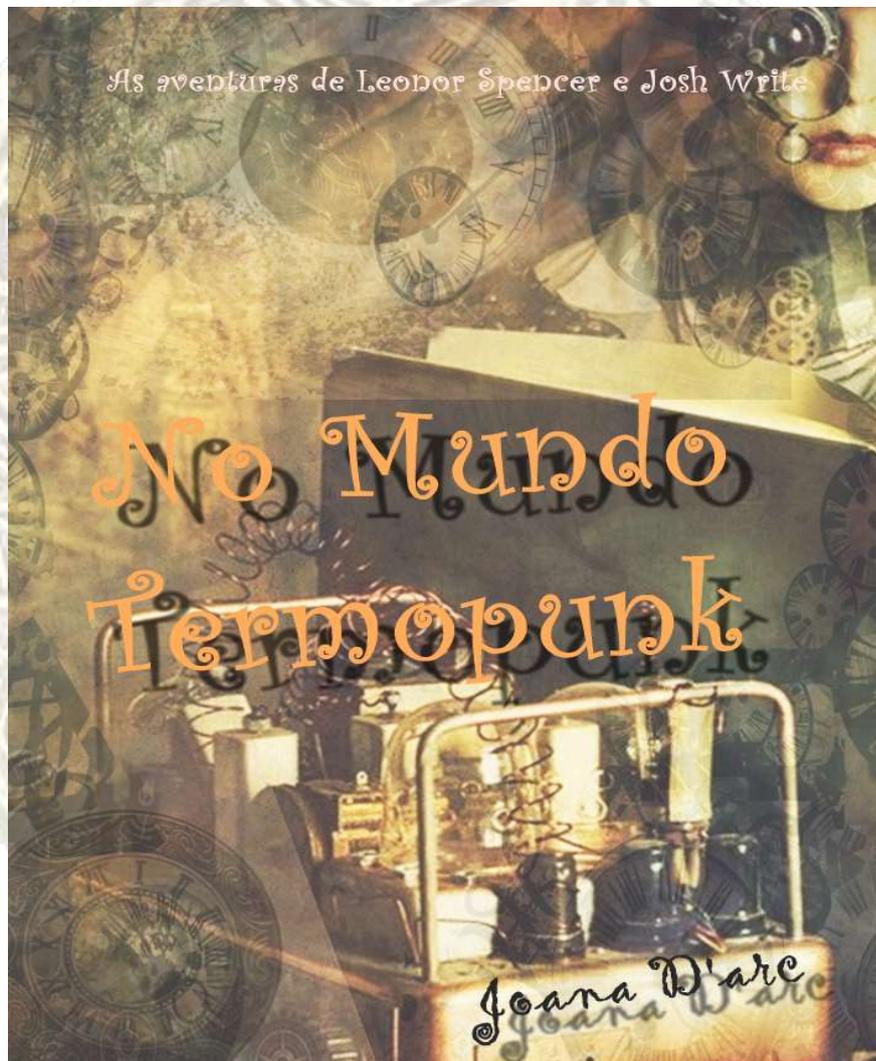


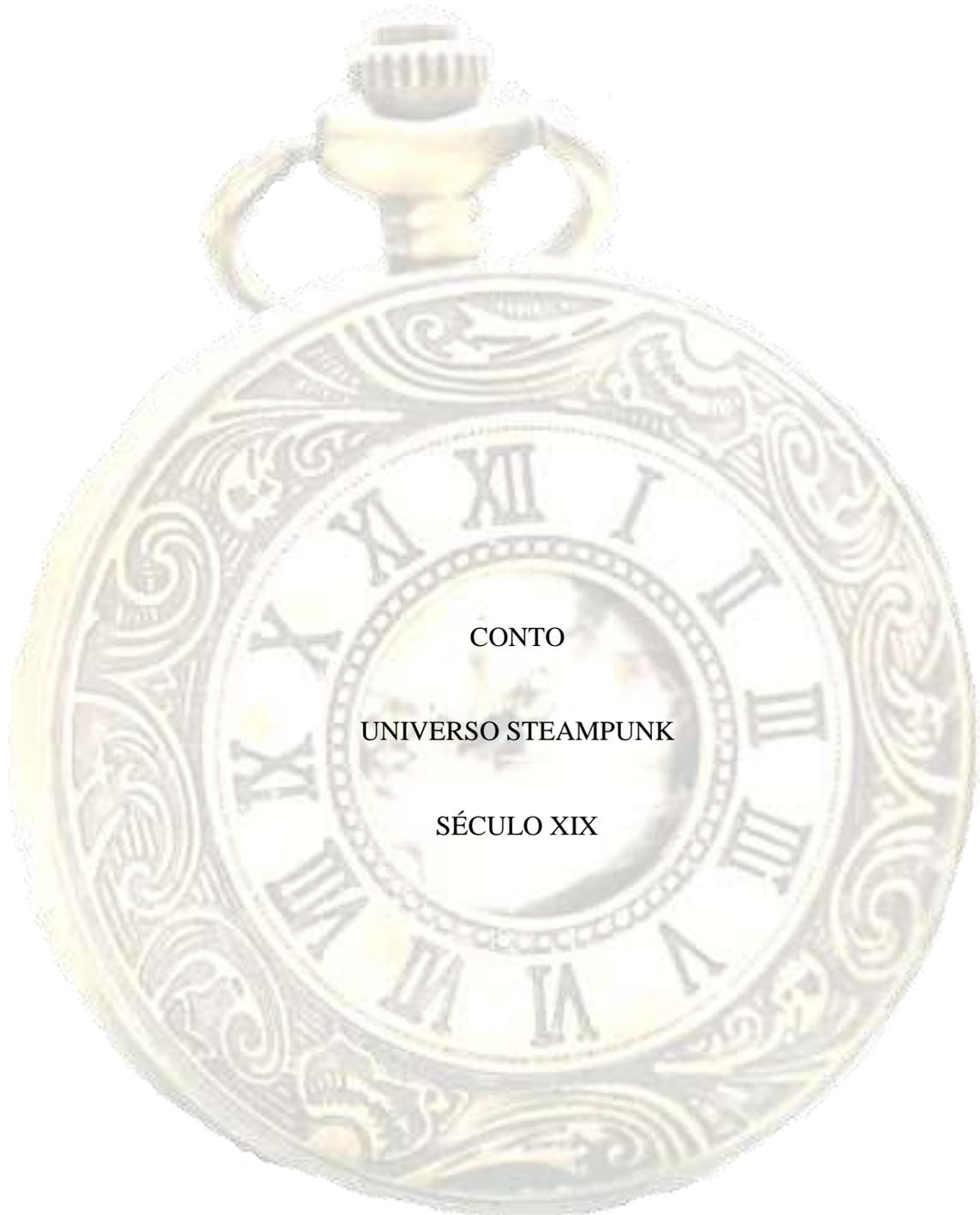
As aventuras de Leonor Spencer e Josh Write

no

Mundo Termopunk

Por Joana D'arc





CONTO

UNIVERSO STEAMPUNK

SÉCULO XIX



O Palácio de Cristal Mecânico



O Palácio de Cristal Mecânico.

A renomada engenheira Físico-química srta. Leonor Spencer é encarregada do projeto de revitalização do palácio de Cristal a mando da Rainha Vitória. Porém, Leonor não imaginava que o autômato que criou pudesse causar uma grande confusão no dia da exposição.

Londres, 1878

Arredores do palácio de Buckingham.

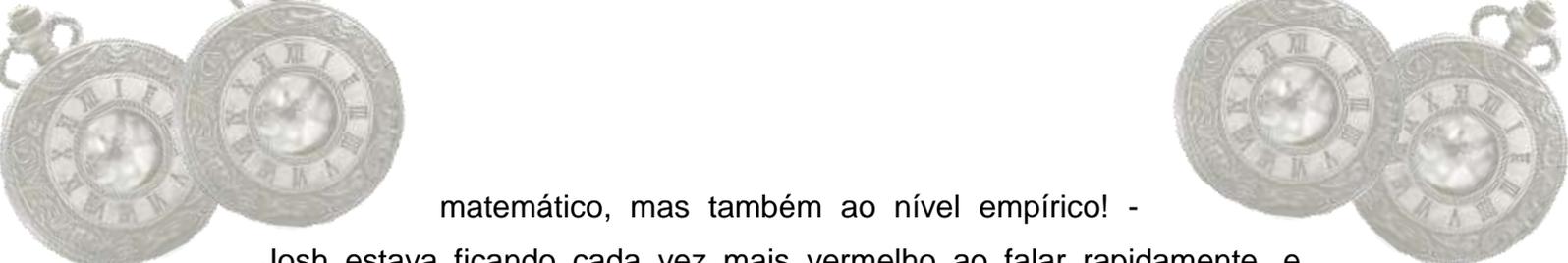
Andando pelas alamedas da cidade vaporosa, o sr. Josh Write questionou-se acerca de sua sanidade mental. Talvez, a presença do ar vaporoso e denso estava não apenas perturbando seus pulmões, mas também seus formidáveis neurônios. Este grande e belo jovem americano, diga-se de passagem, poderia usar seu portal bidimensional e rapidamente retornar a sua residência nos anos de 1930. E não ter simplesmente viajado a cinquenta e dois anos no tempo em um ambiente inarticulável como aquele.

Após uma longa caminhada pelas ruas com paralelepípedos e observando a luz da lua, por fim chegou em sua residência. E, finalmente reconheceu que o problema não era o ambiente em que estava, mas sim ela!

- Essa mulher! – Disse Josh bastante lívido e irritado.

- O que houve senhor? - Falou seu mordomo claramente conhecendo o gênio nada agradável do seu patrão.

- Ela acredita ser a única, a melhor, me toma por um louco! – Não apenas por acreditar, mas também provar que é possível o estudo de sistemas e processos em escala atômica e molecular obtendo não apenas dados e resultados ao nível puramente



matemático, mas também ao nível empírico! -

Josh estava ficando cada vez mais vermelho ao falar rapidamente, e desconfortável diante do estrago em sua cara vestimenta.

- Mas senhor, estamos em um universo governado por máquinas a vapor, não tem os mesmos aparatos tecnológicos do nosso mundo e que tens desenvolvido seus trabalhos. - Embora a tecnologia nesse mundo seja bastante evoluída. - Continuou o seu mordomo, Oliver Sands, na vã tentativa de mostrar a sanidade com a qual o rapaz claramente era conhecido.

- Não importa! Minhas contribuições são mais realistas que as dela!

- Porém não do ponto de vista da senhorita Spencer! Veja bem, na verdade o que mais o perturba é o forte gênio dessa jovem.

- Forte gênio? - Ironizou Josh. – Ela está mais para uma megera que se acha importante, muito arrogante por sinal! E, ainda tem o disparate de usar calças livremente como se fosse a coisa mais normal do mundo.

- Mas ela é a filha de Nicolas Sadi Carnot e braço direito da Rainha Vitória senhor! Lembre-se do porquê estamos aqui, fomos chamados por ela! - Falou Oliver com sua famosa e nítida paciência. Logo após dirigiu-se até outro cômodo da casa, retornando com algo em mãos. – Olhe que formidável! Acabei de lembrar que a senhorita Spencer me enviou este belíssimo exemplar de uma coruja mecânica que fizera.

O grande dispositivo em formato de coruja estava batendo suas asas repetidamente. Ao mesmo tempo em que Josh escutava o pulsar ritmado das engrenagens que fazia todo aquele aparato se movimentar, similar a um relógio de bolso. Pura e simples física!

- Há Oliver não adianta falar contigo, estas completamente enfeitiçado por ela. Vou deitar-me e esquecer esse dia. – E, intempestivamente, Josh se virou voltando a ficar irritado – Mas olhe como ela me deixou. – Por acaso não tinha reparado?!

- O que houve?

- Estou todo encharcado! - Aquela máquina horrível “acidentalmente” jorrou chá em mim e Leonor jura que a sabe controlar. - Nem ao menos se desculpou!



Josh percebeu que em vez de seu empregado ficar chateado por ter mais uma atividade extra a realizar, se controlava para não rir descaradamente dele. Isso foi o cúmulo para a mente prosaica e metódica de Josh.

- Do que está rindo agora? - Falou o rapaz irritado.

- Nada senhor, apenas achei curioso sua animosidade para com a jovem, mas ao mesmo tempo a chama pelo primeiro nome. Quanta intimidade!

- Mas.... i..isso não tem nada a ver com a questão Oliver! - Josh claramente estava perturbado por tais acusações, afrouxou o colarinho de sua gravata. – Chega de falar coisas sem sentidos. Tenha uma boa noite!

- Sim sr. Tenha um bom descanso. - Oliver fez uma mensura levando sua coruja mecânica e assobiando como um rapaz que acabara de ganhar um presente da sua prometida.

Na manhã seguinte quando o apurado e, livre de qualquer chá, sr. Write chegou a residência de Leonor Spencer, foi atendido por uma empregada que ele nunca tinha visto. Esta o levou até o laboratório de trabalho da megera. Josh percebeu que a jovem empregada andava de forma afetada e seu semblante era estático, pelo menos era o que conseguia ver da distância em que a mesma se encontrava. Porém, não estava curioso para perguntar ou saber o motivo, tinha coisas mais importantes para lidar naquele momento.

Entrando no aposento, não demorou para se acostumar a luminosidade diferenciada do ambiente. Parecia um outro universo daqueles que já visitara na sua juventude. Agora com vinte e oito anos estava muito mais calmo e não tão aventureiro como antes. Na verdade, estava mais para um ranzinza, como seu tio sempre dizia. Ele escutou um barulho ao longe e soube onde ela se encontrava.

O corpo da moça estava parcialmente mergulhado em uma espécie de base metálica toda fechada, apenas com uma entrada retangular, onde dava para ver suas pernas, usando calça e botas de couro. Ele soube imediatamente o que era, a horrível



máquina de chá que ela desenvolveu um mês atrás e que arruinou seu colete que havia comprado no Cairo.

- Quanto tempo vai ficar aí dentro? Posso ao menos ficar em algum lugar que tenha papel e tinta para desenvolver meus cálculos? Acabei de ter uma grande ideia para um deles! – Falou Josh nada paciente com a demora, apenas escutando o bater ritmado do que seria um martelo.

- Oh, ai está você! – Josh escutou a voz dela de dentro do suporte, onde provavelmente se encontrava o motor daquela bugiganga toda. – Não tinha percebido sua presença. – Se você veio atrás do seu “Gira-tempo” está ali na mesa. – Não posso perder tempo com conversas demoradas, hoje tenho um importante compromisso com a rainha. – Oh! Finalmente acabei! – Ela riu animada. - Que incrível, agora ela está formidável! – Leonor saiu de sua toca e retirou os *goggles* (Óculos modificados com conjunto de múltiplas lentes).

Se Josh não fosse tão aborrecido, ele teria rido do aspecto todo sujo e empoeirado dela. O cabelo castanho de Leonor e seu semblante estavam enegrecidos. Porém, se dirigiu até o seu “Gira-tempo”, como indicado. Seu dispositivo geralmente ficava acoplado ao seu braço, permitindo que o mesmo pudesse deslocar entre mundos passados e futuros. Acabou que o dispositivo, por algum motivo oculto, queimou. Pelo menos, agora esperava que funcionasse devidamente.

- Você não faz ideia do quanto de trabalho essa peça realiza, não é? - Falou Leonor com um sorriso sínico na cara.

- Não claro que não! Sou apenas um imprudente que não tem o mínimo de cuidado com sua segurança e que gosta de viver intensamente! – Disse Josh sendo sarcasticamente ranzinza.

- haha, isso foi muito engraçado... realmente animou meu dia Josh! Aventureiro? O senhor? Por favor, se fosse lutar contra um par de lesmas eu acho que isso já lhe seria muito desgastante! – Leonor riu estrondosamente do que imaginou, e isso realmente o irritou. Os olhos claros dela estavam realmente animados em troçar dele.



- Bom..... parei de rir...! Mas veja bem, me refiro não apenas ao trabalho que ele realiza. Ele converte a energia do ambiente em trabalho que é direcionado na formação de um portal.

- Sim, isso eu sei, foi o que eu desenvolvi anos atrás! Você se refere, em parte, a energia cinética das partículas que compõe o ambiente.

- Aí está! A fonte de energia que usa não está sendo mais suficiente! Melhor a eficiência de seu dispositivo está cada vez diminuindo, algo natural para uma máquina, como dizia meu pai, nenhuma máquina é cem por cento eficiente. – Claro, pelo menos ao nível teórico seria possível desenvolver uma máquina com eficiência total, como a elaborada pelo meu pai. Mas para isso o calor fornecido por uma fonte quente deve ser convertido totalmente em trabalho. – Leonor pegou um pano para limpar suas mãos e rosto.

- Mas Leonor.... – Disse Josh, porém rapidamente sendo interrompido por ela.

– Só que para isso precisaria que um reservatório de fonte fria estivesse à zero kelvin de temperatura. O que para níveis práticos não ocorre, por ser difícil de chegar a uma temperatura zero absoluto. Então, mesmo em temperaturas baixas ainda ocorre a dissipação do calor retirado da fonte quente para a fria e essa diferença é o trabalho realizado. - Leonor estava divagando mais uma vez em uma conversa interna consigo mesma e na qual Josh estava acostumado a presenciar.

- Sim, mas ela converte energia Leonor, em outra forma energética. Esse é o princípio conservativo que lidamos. – Energia não é criada do nada, e nem que se perpetua indefinidamente!

- Claro, não que esse princípio seja violado, mas me refiro ao processo de equilíbrio termodinâmico, como chamamos aqui neste mundo, quando um processo químico ou físico tende a um rendimento nulo, por chegar ao seu estado de equilíbrio. Logo, quando tens usado o gira-tempo para as viagens você realizava o processo de catalisação energética do ambiente e a direcionava para geração de um portal.

- Exatamente!

- Contudo! Isso significa que dependendo do ambiente em que está, a fonte energética é diferente, ou ligeiramente diferente. O fornecimento de energia térmica, na



forma de calor solar, por exemplo, não é constante ao longo do dia ou mesmo em universos glaciais. Outra estratégia, nesse sentido, seria o uso de carvão, um combustível bastante usado para máquinas a vapor hoje em dia.

- Sim, realmente recordo da dificuldade de moldar um portal constante no período noturno, em geral fica bastante difuso e pouco confiável. Quase entrei no pântano de crocodilos que habitavam montanhas!

- Como assim? – Perguntou Leonor confusa. – Isso não existe, pelo menos do que conheço da base de dados de universos.

- De fato não existe, foi fruto de minha mente que canalizou algumas lembranças desconexas de viagens passadas, e que se mesclavam com lembranças irreais, fruto de sonhos ou alucinações. Enfim não sei bem explicar-lhe isso. – Contudo, esse curioso fenômeno só ocorria, justamente, quando formava portais em períodos noturnos, o que acabei deixando de fazer. – Josh parou para ponderar um pouco, típico de sua personalidade racional. – Bom, ousou dizer pelo que conheço, que mesmo com base na temperatura ambiente já seria possível excitar algumas partículas, moléculas e/ ou íons a níveis de energia maiores da do seu estado fundamental, que é o estado de menor energia. - Continuou Josh em seu aborrecido comentário.

Leonor já estava ficando sem paciência.

- Claro que, comparando essa quantidade de espécies excitadas a níveis energéticos maiores, na temperatura ambiental, para àqueles estados energéticos cujas temperaturas são cada vez mais elevadas, será bem maior, devido ao fornecimento de energia térmica. Mas, mesmo assim, em níveis de temperatura ambiente, ou próxima dela, já seria suficiente para formar um portal.

- Bom, lá vem você de novo com essa base, como você chama estatística?! – Oh por favor, é apenas um joguinho de dados que idosos jogam em bailes tediosos para passar o tempo. Sou mais prática que esse seu “nível teórico”. – Veja que por algum tempo sua estratégia possa ter dado certo, mas ousou dizer que limitadamente.



- Ora, não faz ideia do que estou falando! Ela está mais além do que você imagina Leonor, tem uma aplicação além desse seu achismo. - Falou Josh novamente pronto para discutir. Porém sendo cortado por ela.

- Então veja o que fiz para o senhor “estatística aleatório”. – Seu portal precisa de uma fonte que forneça energia a seu sistema continuamente. Principalmente na forma de calor, que promove o efeito cinético das partículas do ambiente próximo ao dispositivo, que nesse caso acarretará na conversão de calor em trabalho. Ou melhor, parte da energia térmica como calor em trabalho. – Mas como fazer isso, sem que o seu dispositivo tenha que realizar trabalho para gerar trabalho? Deve me perguntar. – Ora, simplesmente, podemos acoplar nele um microsistema reacional químico.

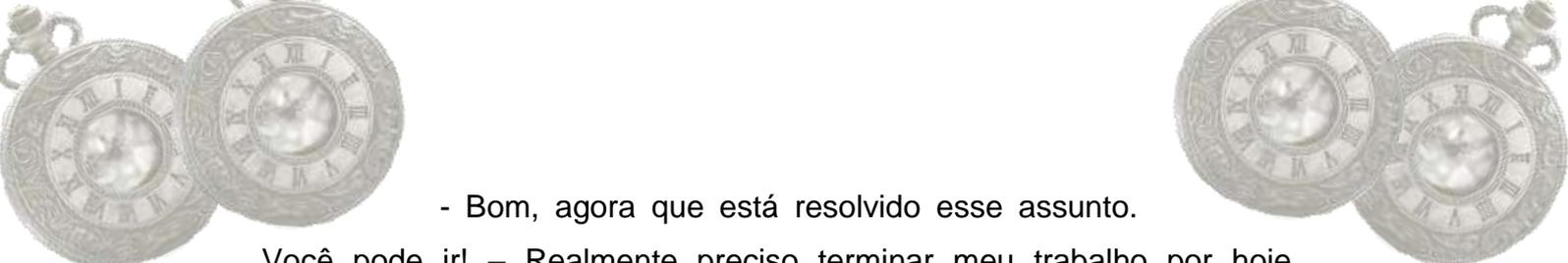
- Mas, assim será sempre necessário repor esse sistema reacional com os componentes da reação. Josh não estava muito animado por aquilo.

- Veja bem, isso que estou dizendo a você não é muito diferente do que o seu dispositivo já faz. Pois, ele utiliza a energia cinética dos gases que compõe o ambiente em calor, diante da diferença de temperatura vigente. Porém, isso acaba gerando sim um certo desgaste no material, seja em relação a liga metálica composta, ou mesmo, das válvulas e engrenagens no material, pois o ambiente é composto em parte por oxigênio e ele tem a propriedade de oxidar metais. Então, você precisa repor e ajustar sempre o dispositivo. – A questão é que com um processo químico embutido, a fonte energética será maior, e seu portal será menos difuso. – Mas, continuará necessitando repor os reagentes reacionais devido ao seu consumo.

- Entendo! Na geração de calor por uma reação química! Sim, tentei desenvolver algo que fosse mais prático. – Infelizmente não queria seguir por esse caminho, mas entendo. – Obrigado Leonor! Disse Josh acoplando seu dispositivo no braço esquerdo.

- Apenas preciso estudar e analisar qual seria o melhor sistema reacional químico para o seu dispositivo que possa gerar a energia necessária na formação de um portal, mas também não desgaste o material do seu dispositivo, oxidando-o a curto prazo.

- Acredito que nisso posso ajudar na pesquisar também. Josh estava realmente bem vestido nessa ocasião, como ela pode perceber.



- Bom, agora que está resolvido esse assunto.

Você pode ir! – Realmente preciso terminar meu trabalho por hoje.

Leonor estava retirando parte do seu material de trabalho de seu braço.

- Como assim? Está me expulsando! – Josh estava irritado por ser dispensado sem mais nem menos. – O que está fazendo que precise me expulsar?

- Algo que só eu deva saber.... Por enquanto! – O semblante de Leonor estava bem sonhador, do tipo visionário, que esperava que o que fizesse pudesse ser inovador.

- Tudo bem! Não sei porque perco tempo em esperar sua educação. É muito arrogante!

- Arrogante? Como pode me chamar disso! – Por acaso não lhe ajudei quando precisava que seu dispositivo fosse consertado? – Leonor estava lívida diante de tais acusações. Muito ultrajada quando olhou para ele e a forma como estava vestido, com camisa com um colete escuro e calças da mesma cor. Seu fraque estava bem polido, e no braço estava um conjunto de armações mecânicas que eram úteis para os trabalhos científicos. Tais como ela também usava. – Agora sei o problema, ainda está rancoroso por causa do pequeno incidente de ontem? – Esperava mais de você Josh! - Não sabia que era tão fútil por pouca coisa!

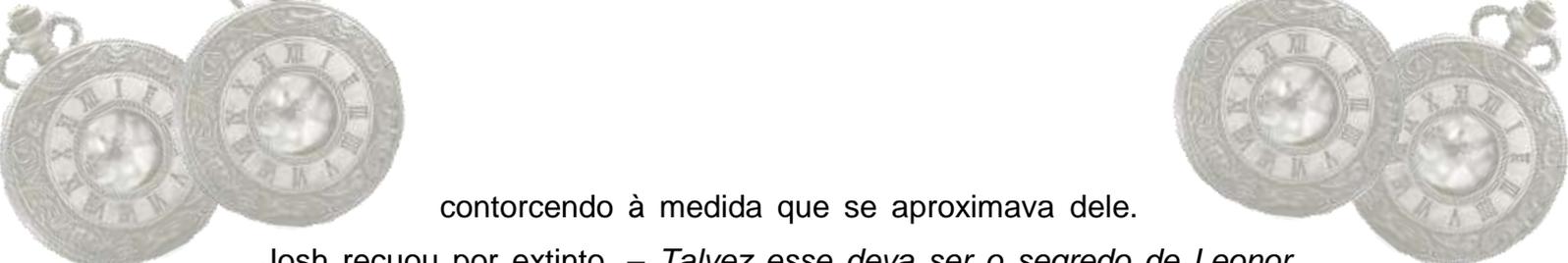
- Fútil! Você está realmente testando minha paciência... – Sua máquina jorrou todo chá em mim, propositalmente, e numa roupa preciosa alias. Mas tudo bem, a culpa é toda minha! Josh colocou sua cartola estilizada pronto para partir.

- Então, agora que admitiu sua falha, tenha um bom dia! Nos vemos mais tarde! Disse Leonor toda sorridente, e alegre por poder estar finalmente sozinha.

Grunhindo algo inarticulável, Josh foi para fora dos aposentos.

Quando virou a curva que levava a saída, se deparou com a empregada parada em sua frente, a que tinha lhe aberto a porta.

- Oh, sinto muito senhori...! – Josh paralisou instantaneamente quando a viu mais de perto.... E soube que a empregada não era humana. Seu globo ocular, muito similar a um humano estava sem brilho, parecia feito de um material vítreo. Percebeu isso devido a cor diferenciada do material. A criatura usava um vestido de uma empregada, e estava se



contorcendo à medida que se aproximava dele.

Josh recuou por extinto. – *Talvez esse deva ser o segredo de Leonor.*

Pensou ele.

Um autômato, figura humanoide a base de engrenagens, roldanas, peças metálicas e demais recursos científicos estava bem na sua frente com uma expressão nada lisonjeira. - *Se esse humanoide consegue andar e simbolizar gestos humanos, então deve ter sido programado para isso. Então, não devo ter motivos para temer!* Concluiu ele, porém a figura a sua frente estava bem diferente, mais parecia pronta para ataca-lo do que o servir. E, realmente três segundos depois a figura lhe atacou; jogando Josh no outro lado do cômodo.

Leonor escutou um barulho estranho, e rapidamente deixou o que estava fazendo e correu para ver o que era.

Esperava que não tivesse sido sua governanta, a sra. Brigide, que retornara do passeio e por algum motivo se acidentara. Felizmente não fora sua governanta, ela avistou ao longe Josh com um punhal atacando o seu autômato.

- Josh o que está fazendo? - Gritou ela em meio à confusão.

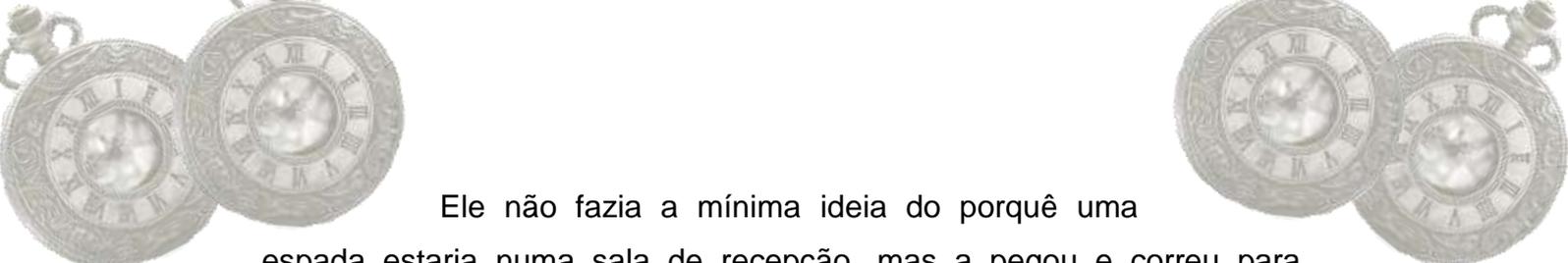
- Corra! É perigoso! – Ele estava arfando, e ela nunca tinha visto Josh lutando com qualquer criatura viva ou morta, sempre achara ele muito ranzinza e metódico.

- Você vai matá-la! – Percebeu Leonor temendo que sua criação fosse destruída.

- Na verdade é ela que está querendo me matar! – Quando o autômato viu Leonor largou Josh e foi em direção a ela.

- *Mestre... deseja..... algo mais... Matar... inimigos...* – O autômato estava balbuciando palavras desconexas. Leonor soube que não tinha programado para falar dessa maneira.

Sem tempo para reagir ou ter trazido alguma arma. Leonor atacou com seus punhos. Mas a criatura era mais forte. Pegou Leonor pelo pescoço apertando-a, deixando sem ar. Josh não perdeu tempo e correu para atacar a criatura. Dessa vez viu ao longe uma espada.



Ele não fazia a mínima ideia do porquê uma espada estaria numa sala de recepção, mas a pegou e correu para perfurar a cabeça do humanoide e destruir o seu circuito programador.

- Você está bem? – Josh se aproximou de Leonor e viu as marcas em seu pescoço. Ela respirou freneticamente e olhou para ele agradecendo.

- Obrigada Josh! – Leonor abraçou fortemente Josh agradecida por não ter morrido.

- Calma, tudo bem! – Enquanto a tranquilizava se sentiu um tanto estranho por estar tão próxima assim de uma mulher, mesmo essa mulher sendo uma chata, irritante e que adorava lhe provocar.

- O que foi tudo isso? – Perguntou ele querendo mudar rapidamente seus pensamentos. – O que você criou, um soldado matador? – Por que foi você que a fez, não é?

- Não, não! O que desenvolvi foi um autômato, mas ainda não tinha terminado de realizar a programação necessária para isso. Basicamente era para ela realizar as atividades de um serviçal. – Mas nem ao menos estava pronta ainda. – Não entendo como estava se movimentado. – Sua voz estava um tanto rouca devido ao aperto que levava.

- Talvez você tenha calculado errado as etapas e adiantou uma sem perceber!

- Acha que sou estúpida? – Sou uma cientista, sei muito bem o que faço.

- Você é orgulhosa, isso sim! Não sabe admitir quando erra! – Nem quando estou certo admite. Minha base de dados estatístico é bem mais próximo de um dado sistema real. Do que a base clássica que usa. – Disse ele tentando provoca-la, para aliviar seu pânico diante do que tinha acontecido.

- Mas, quem foi que veio me pedindo ajuda? Implorando na verdade? – Leonor ficou furiosa, se esquecendo da boa ação desse brutamontes e do seu machucado.

- Tudo bem admito que precisei da sua ajuda! Está vendo sei admitir minha falha! Mas e você? – Dessa vez Josh sorriu vendo a expressão reflexiva e contrariada da garota. Na verdade, fez ele se lembrar do quão jovem ela era, com seus vinte anos e já tinha uma carreira brilhante. – Mas enfim, mudando de assunto, você precisa descansar agora, seu



pescoço não está com um bom aspecto! – Ele realmente estava preocupado, não queria ser responsável pelo seu mal-estar.

- Não posso, agora mesmo preciso reavaliar o Albert! – Leonor rapidamente se levantou, indo ao seu lugar de trabalho e deixando Josh confuso logo atrás dela.

- Albert? – Mas do que você está falando?

- Meu mordomo autômato! Ele é o segundo que estive desenvolvendo em paralelo com a que você destruiu. Porém, não finalizei ela, pois estive mais focado no senhor Albert, um presente a rainha.

- Mas, o nome é do falecido marido dela! – Josh estava realmente atônito diante da sua ousadia.

- Eu sei bem disso, mas como a conheço bem e sua majestade sabe que tenho a melhor das intenções, não se ofenderá por usar tal nome. – Leonor estava recuperada de seu estupor e focada na grande criatura metálica que estava deitada em uma plataforma levemente inclinada.

- É, formidável! – Josh se impressionou diante de tanta beleza do humanoide. A figura masculina estava quase completa.

- Queria que fosse surpresa! – Leonor voltou a usar seu aparato e analisando toda a estrutura.

- Por que você decidiu realizar essas coisas? – Josh estava realmente impressionado pela engenhosidade dela, mesmo a outra criatura tenha tentado os matar.

- Porque tudo Isso é incrível, em podermos desenvolver o conhecimento científico para além do que imaginamos. Temos dirigíveis voadores, algo que a anos atrás era impossível de acreditar. Temos carros que estão substituindo as carruagens. Tudo isso é marca da evolução. – E eu quero fazer isso, como meu pai fez, desenvolver algo para o mundo e ser lembrada por isso! – Leonor estava realmente radiante em sua demonstração de fé. Josh entendia muito bem isso, e jamais a ridicularizaria.



Algumas horas depois, ambos estavam diante da rainha Vitória em um encontro particular com a nobre senhora. Josh percebeu a forma como a rainha sorria para Leonor, como se fosse a de uma mãe para com sua filha. Mesmo a moça se vestindo de forma ousada e não muito puritana como Vitória era conhecida.

- Fico muito admirada pela sua presença Sr. Josh Write Willard Gibbs. – A rainha tinha uma presença impactante – Devo admitir que suas façanhas são bem famosas e seu trabalho a nível microscópico, aliando a teoria da mecânica quântica com a matemática, há, não recordo o nome...

- Estatística! – Terminou Josh claramente se sentindo muito lisonjeado, por ter alguém fora do ramo científico que soubesse de suas contribuições. Ele escutou um grunhido nada lisonjeiro de Leonor, claramente não gostando dessa atenção excessiva a ele.

- Sim, sim, acredito que suas contribuições futuristas, bem como as de Leonor serão fundamentais para o projeto que pretendo realizar.

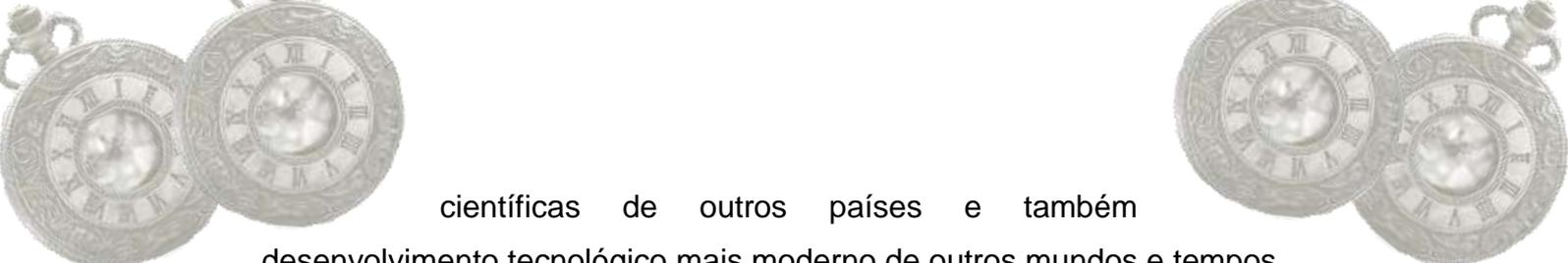
- Mas o que é majestade? – Leonor estava realmente animada, diante de uma atividade inovadora.

- Estou desejando a anos reabrir o Palácio de Cristal Mecânico. Foi uma obra que meu amado Albert desejou que acontecesse. Agora com o meu aniversário chegando daqui a uns meses, gostaria de trazer de volta as exposições que ali eram apresentadas, as culturas de diferentes países.... Tudo em um só lugar.

- Mas porque não existe mais? – Josh estava realmente curioso sobre isso, pois pelo que pode perceber, parecia um lugar interessante.

- Acabou acontecendo um acidente no local. Lembro que quando criança houve um incêndio e destruiu as bases da fundição do palácio. Era um lugar esplendoroso. A felicidade foi não ter perdido as obras e relíquias que haviam lá, pois o incêndio ocorreu quando o palácio estava fechado a visitação. – Disse Leonor para Josh.

- Isso, porém não tive tempo para me debruçar sobre sua revitalização. – Então, agora como tenho uma grande engenheira e você senhor Write, um grande cientista. Me ajudarão, a não apenas reconstruir, mas também trazer conhecimentos e produções



científicas de outros países e também desenvolvimento tecnológico mais moderno de outros mundos e tempos.

- Realmente é algo formidável! Josh, finalmente temos um projeto interessante, em disseminar o conhecimento científico a massa leiga da população, trazer exposições de outros países. Além de reconstruir.... Estou realmente realizada! – Josh percebia o brilho de alegria de Leonor diante de um desafio instigante e até ele próprio se sentia motivado.

- Quando começamos? – Quis saber ele rapidamente.

- Vocês serão enviados para lá agora mesmo. Espero que em poucas semanas estejamos na metade das obras e já trazendo exemplares de fauna, flora, invenções, maquinarias e dispositivos inovadores.

- Nisso poderei ajudar majestade! Tenho amplos contatos de minhas viagens e tenho amplo domínio de diversidade cultural. E, claro da produção científica. Realmente sua inauguração será bastante inovadora.

- Conto com a ajuda dos dois para isso se tornar o maior evento desse país!

Ambos Leonor e Josh se olharam e apesar de toda as brigas e desentendimentos acabaram tendo um sentimento de trégua mutua. Prometendo se aliar em prol de algo maior.

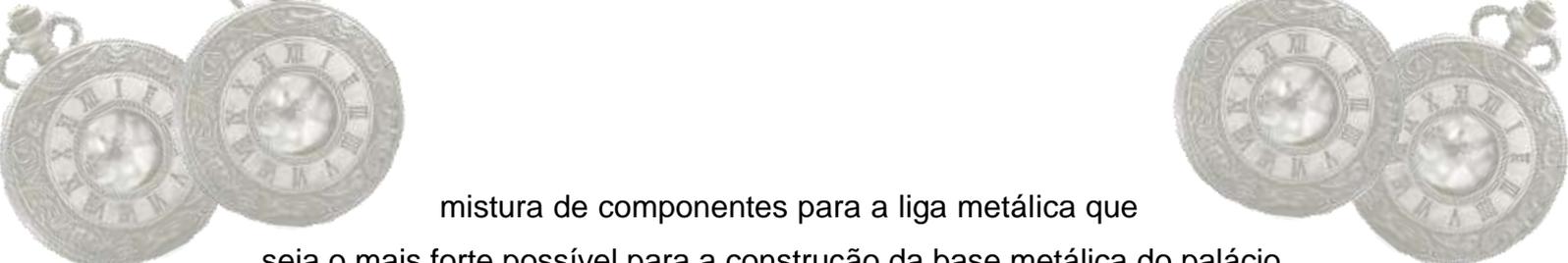
Até o dia seguinte!

E no dia seguinte ao anterior...

E assim toda a primeira semana se passou sobre constantes brigas e desentendimentos.

Os nervos de Leonor estavam como os vapores que saíram dos distritos industriais de Londres. Josh realmente era um arrogante. Só queria mostrar sua verdade deturpada como a melhor!

- Josh! Veja bem, eu já falei que como lido com bases macroscópicas, do ponto de vista de reações, substâncias e suas quantidades mensuráveis ao olho nu, então meu sistema se baseia em forte base empírica. Tanto que passei três dias encontrando uma



mistura de componentes para a liga metálica que seja o mais forte possível para a construção da base metálica do palácio.

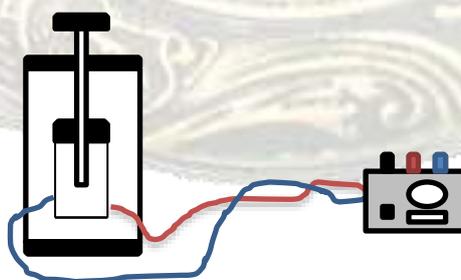
- Claro, minha base de dados também se volta para o melhoramento das bases empíricas. Conhecendo ela a nível teórico. – Utilizando um “dispositivo programador” que usa as bases de dados que conheço, bem como os cálculos matemáticos adequados, pode estudar as energias de seus componentes e assim já prever qual seria a melhor delas. Claro que falo isso em um nível bem mais fácil de você entender. Não é tão simples assim.

Josh percebeu que estava falando sozinho, pois Leonor estava ao longe conversando com Oliver alguma coisa. Embora tenha ficado um pouco Irritado por ter sido deliberadamente ignorado, mais uma vez por sinal, já estava acostumado. Não houve um só dia sem discussões.

Até mesmo os trabalhadores se afastavam nesses momentos.

A construção estava praticamente finalizada, foi um trabalho árduo tanto deles, quanto da equipe responsável pela construção. Paralelo a isso, Josh tinha a função de buscar as principais inovações científicas desse mundo e onde vivia. Falou até com seu tio, que animado o mandou alguns materiais de seu mundo.

- Que aparato é esse, senhorita? – Questionou Oliver analisando um dispositivo transparente. Era um cilindro transparente, onde dentro dele havia um outro cilindro mais escuro. Ele era fechado e no topo tinha uma região com um cabo de um pistão que começavam dentro do cilindro mais escuro. Além disso havia fios em pontos desse cilindro interno, que saiam do cilindro maior até a região externa, conectado em um detector metálico bastante avançado.



- Há sim, isso é um experimento muito importante que permite compreender a conversão de um determinado tipo de energia em outra.



- Conversão de energia? – Oliver achou isso um tanto estranho.

- Sim, a energia se manifesta de forma diferenciada senhor Sands. Seja na forma de calor, energia que é transmitida de um corpo quente para um corpo frio, ocasionado pela diferença de temperatura entre tais corpos em contato. Da mesma forma, temos trabalho que é uma forma de energia onde em termos físicos decorre do deslocamento de um objeto contra a ação de uma força direcionada; além da energia liberada ou absorvida em reações químicas, e dentre muitas outras formas.

- Humm.... – Oliver refletia sobre o fato, ainda pouco compreendendo. Enquanto Josh realizava seus cálculos referentes aos cortes de vidraçaria necessárias para a ala onde ficariam as seções de pinturas.

- Veja bem, se eu pegar esse pistão e apertar ele, o que fiz não foi aplicar uma força que o fez se movimentar para baixo?

- Sim senhorita. – Respondeu Oliver.

- Então, eu realizei trabalho sobre esse sistema, ou no caso realizaria, estando nele algum tipo de componente, alguma substância seja gasosa ou condensada. Então, à exemplo se fosse um gás, aplicando uma dada força que deslocou o pistão para baixo, variei o volume desse gás.

- Compreendi, então haverá uma diferença de pressão!

- Isso, pois volume e pressão são inversamente proporcionais, segundo a lei dos gases ideais. Ou, melhor dizendo forneci energia ao sistema na forma de trabalho que fez aumentar a energia cinética das moléculas dentro do cilindro, a uma dada temperatura constante.

- Eu realmente nunca entendi bem, quando, meu senhor, falava sobre esses sistemas ideais. Para mim, se é ideal não existe! – Oliver estava realmente instigado em compreender tudo a sua volta. E, isso foi fruto de viver tantos anos próximo de mentes brilhantes.

- Mas basicamente a nível teórico enfatizamos essa idealidade para se tornar mais fácil de trabalhar com certos sistemas. Pois, basicamente se pegarmos gases, são



sistemas mais simplificados sr. Sands. – ela continuou – Porém, teríamos que mensurar o grau de interação das moléculas desse gás entre si; e até mesmo seus volumes, o que para níveis práticos é bastante complexo. Então, desconsiderando essas questões, as interações e também os volumes de suas moléculas, apresentamos uma relação matemática e empírica bem mais fácil de compreender.

- Faz sentido, senhorita!

- Embora a mesma seja limitada, pois simplifica o modelo que se tem dos gases. Ainda existe uma relação mais completa que enfatiza os volumes e tamanhos. Ela foi feita por um holandês que desconheço seu nome, vi apenas um artigo sobre ele e sua fórmula dos gases reais.

- Me parece complicado! – disse Oliver circunspecto e Leonor acenou pensando mais um pouco.

- Então, como o senhor mesmo acabou de falar, a pressão e volume estão relacionados, elas são variáveis de estado que caracterizam um dado sistema. Além disso, temos a influência de outras variáveis de estado como a temperatura e a quantidade de espécies presentes em um sistema. Sejam tais espécies caracterizadas por átomos, íons moléculas. – Há sim, um sistema, que tanto falo, é um fenômeno, um experimento; enfim algo sobre investigação. E a vizinhança seria os seus arredores, onde o sistema é investigado.

- Há, realmente é muito interessante tudo isso! – Mas me pergunto o porquê de a senhorita trazer esse aparato para a exposição, pois me parece algo muito específico de seu trabalho. Algumas pessoas podem não compreender!

- Mas basicamente é essa a questão! O senhor conseguiu compreender o que falei, mesmo que não todas as noções, mas já é bastante significativo. Acredito que será possível aqueles que se interessarem compreenderem também. Josh também trouxe outras coisas também de seu mundo, que achei bastante instigante. – Leonor observou o semblante dele claramente atento ao que ela dissera.

- Não acredito que vejo um sinal de consideração e elogio seu!



- Claro que sim, não sou uma megera! - Tal declaração dela, fez Josh rir um pouco deixando o clima menos cansativo.

- Onde coloco o dispositivo senhorita? – Falou Oliver com o aparato em mãos.

- Há não, preciso realizar algumas medições nesse dispositivo. – Como a energia interna de um gás que estou produzindo!

- Mas agora? - Josh ficou claramente confuso. – Se não viu estamos muito atarefados.

- Na verdade você está! Eu preciso realmente fazer isso! Preciso realizar cálculos de energia interna de alguns sistemas gasosos para se tornar a fonte principal do meu autômato.

- Mas porque você não utiliza uma reação química? Ou mesmo carvão?

- Eu pensei no que havíamos discutido sobre o seu gira-tempo e pensei se poderia tentar desenvolver uma fonte de energia para o meu autômato com partículas da vizinhança. Sem reação química.

- Compreendo! – Falou Josh com uma expressão nada agradável, mas também não querendo perturbar a paz entre ambos. Apenas esperava para ver no que daria.

- Energia interna? O que é isso? – Oliver estava mais desinibido para questionar sobre coisas que lhe chamavam a atenção.

- Isso senhor Sands, energia interna, ou energia total de um sistema. Ela é uma variável de estado, que caracteriza o sistema. Ela, indica a quantidade de energia presente nela. No meu caso, trabalhando com gases mais simples: os monoatômicos; eu posso determinar a energia interna desse sistema gasoso em joules. – Continuou Leonor ao mesmo tempo em que manipulava o dispositivo. - Ela é definida por variáveis como a temperatura e volume.

- Mas como, as duas ao mesmo tempo?

- Elas não podem ser analisadas ao mesmo tempo, ou seja, quando o volume e temperatura variam ao mesmo tempo. Pois, daí seria difícil manipular a lei dos gases



ideias. Porém, com o uso de derivadas parciais, variação em termos infinitesimais, posso realizar a soma da derivação de cada variável (T e V) tendo a outra como constante. - Você varia infinitesimalmente a energia interna em função da temperatura, tendo o volume constante e soma com derivada da energia interna pelo volume a temperatura constante.

- Acho que entendi! – Disse Oliver. – A derivada eu conheço, pois Josh sempre fica falando sobre isso e calculando muitas coisas, eu vejo seus manuscritos sorrateiramente.

- Mas um jeito mais simples também, se integro a expressão em um dado estado inicial e final. Eu, posso determinar a variação em termos não-infinitesimais, levando a uma variação da energia interna. Ou, como também é conhecida ΔU . – E, claro leva a relação que tenho lhe falado, ela é determinada, em níveis experimentais, pelo calor e pelo trabalho.

- Na verdade não é apenas isso! – Refutou Josh.

- Eu sei, mas para níveis práticos é difícil elucidar todas as formas de energia presentes nesse sistema. – Rebateu Leonor.

- Mas com a base de dados estatística e da espectroscopia, podemos sim, de forma mensurada determinar as formas de energia, rotacional, vibracional, translacional e eletrônica e nuclear de uma molécula. Através do estudo acerca do tipo de molécula e também com o uso de modelos quânticos apropriados para isso. Logo, a energia interna seria esse compilado de informações. Porém, por meio de uma outra variável chamada de função de partição denominada “q”, que não deve ser confundida com calor, que também tem a mesma simbologia.

- Balela! – Ridicularizou Leonor, mas um tanto interessada pelo que falou. – Explique melhor isso então.

- Basicamente é isso que faço Leonor, eu aperfeiçoo cálculos a nível teórico a fim de sempre refinar os modelos quânticos já desenvolvidos, tais como partícula na caixa (para translação), oscilador harmônico (para a vibração), rotor rígido (para a rotação) e dentre outros. Para se aproximar cada vez mais da base experimental e também do real. Assim como você busca desenvolver máquinas cada vez mais eficientes. E, isso é brilhante!



- Creio que me precipitei em afirmar coisas fortes

a você! Estou curiosa para saber do que tudo isso se trata seus trabalhos! – Ela estava um tanto constrangida e também envergonhada por ataca-lo demasiadamente.

- Tudo bem Leonor! Falou Josh com um grande sorriso. E, rapidamente ela mudou de assunto.

– humm, enfim sr. Sands, energia não é um conceito fácil de definir, pois ela pode ter diferentes aplicações e finalidades. Essa conversão energética permite isso. Então, dependendo do tipo de atividade e estudo que faço vai haver uma melhor forma de energia para ela. – Isso que se chama termodinâmica, esse estudo relativo das propriedades de um sistema, ela apresenta uma forte base matemática e de cálculo, como você acabou de ver!

- Gostei desse nome senhorita!

- E existe as famosas leis da termodinâmica que compilam um aparato de teorias e princípios muito importantes, e a energia interna é um dos fundamentos da primeira lei termodinâmica assim chamada, que para um sistema isolado, a energia interna é conservada. – Leonor ficou reflexiva por um momento. – Ela é conservada, devido a essa relação entre sistema e vizinhança, pois se energia sai do sistema, ele vai direto para a vizinhança, se sai da vizinhança vai para o sistema. Então energia não é criada nem destruída. É disso que se trata.

- Realmente pela forma como falas me instiga a escutar por horas e horas, mas toda essa conversa está me deixando com fome! – Disse Oliver quebrando o silêncio entre os dois.

- Sim, realmente acredito que por hoje seja o bastante! – Leonor se dirigiu aos dois resoluta de algo. – Vocês podem ir, preciso permanecer por mais tempo!

- Assim você vai ficar doente! – Disse Josh, percebendo que tanto ele quanto ela estavam trabalhando por horas e mesmo assim a mesma queria continuar.

- Vou ficar bem! – Preciso realmente saber quanto de energia meu autômato pode absorver com sistemas gasosos simples.



- Bom acredito que não muito! Mas depende do estudo das moléculas, e seus estados quantizados de energia. Se você puder trabalhar com energias médias e mensurar em um dado sistema as populações de estado desse sistema. Pode-se identificar o estado como um todo dele. Similar ao que se classicamente faz ao utilizar fórmulas algébricas que relacione as variáveis de estado, pressão, temperatura, volume, quantidade de matéria em uma relação de proporcionalidade.

- O que você disse sobre, haa, populações de estado Josh? – Leonor não o fitava com deboche, mas com aqueles olhos grandes e claros de quem precisava saber de um enigma difícil. - Estamos tratando de espécies químicas e físicas e não de pessoas!

Isso fez Josh rir um pouco da interpretação dada ao termo.

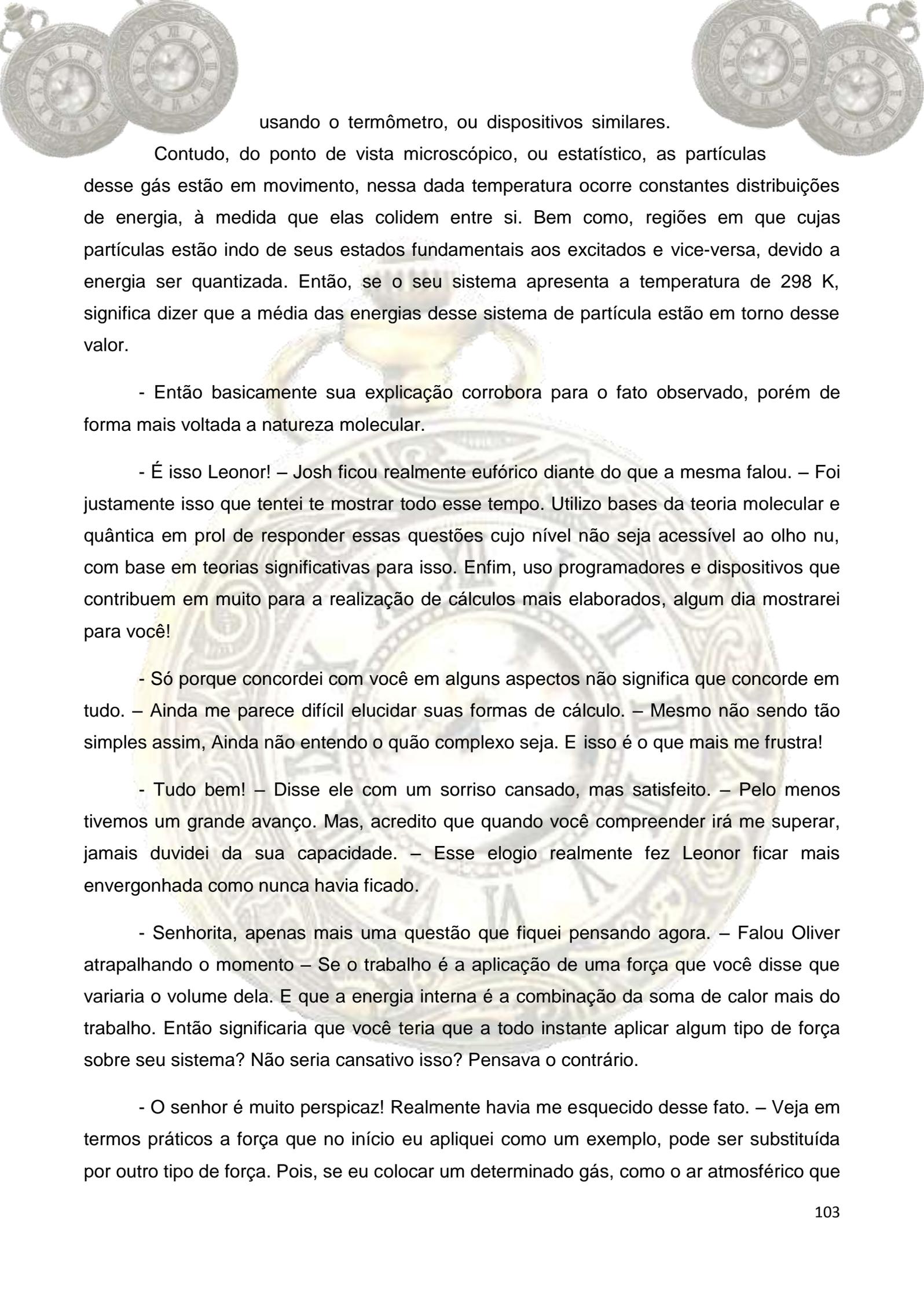
- Não é nesse sentido que me refiro, mas como um conjunto de partículas. Imagine você com seu dispositivo e nele acople um gás, tal como você pretende. Dentro dele você sabe de que elementos esse gás é formado, se é molécula, íons, átomos. Enfim, pode mensurar também a quantidade delas usando a constante de Avogadro de que 1 mol de espécies equivale a $6,02 \times 10^{23}$ dessas espécies, e também a própria lei dos gases ideais. - Ele parou para ver se ela tinha alguma dúvida.

- Estou compreendendo.

- Bom, como é muito difícil mensurar os níveis de energia de cada espécie nesse sistema de forma particular, usa-se o princípio do conjunto de partículas desses sistemas. Usando princípios de arranjo, combinação, enfim, da matemática estatística. Então, pode-se gerar as energias médias, as temperaturas médias, e demais variáveis em termos de seus valores médios.

- Acredito que isso não seria viável para mim neste momento, pois não disponho de tempo para realizar cálculos a mão. – Não que para mim seja um problema, mas diante das circunstâncias eu preciso ser bem mais rápida, a exposição será em breve.

- Compreendo, mas, por exemplo, se nesse seu sistema gasoso você tem uma temperatura de 25 graus Celsius, o equivalente a 298 Kelvins, que é outra escala de temperatura sr. Sands. – Falou Josh se dirigindo ao mordomo que os escutava atentamente. - Significa que macroscopicamente você realizou alguma medição para isso,



usando o termômetro, ou dispositivos similares.

Contudo, do ponto de vista microscópico, ou estatístico, as partículas desse gás estão em movimento, nessa dada temperatura ocorre constantes distribuições de energia, à medida que elas colidem entre si. Bem como, regiões em que cujas partículas estão indo de seus estados fundamentais aos excitados e vice-versa, devido a energia ser quantizada. Então, se o seu sistema apresenta a temperatura de 298 K, significa dizer que a média das energias desse sistema de partícula estão em torno desse valor.

- Então basicamente sua explicação corrobora para o fato observado, porém de forma mais voltada a natureza molecular.

- É isso Leonor! – Josh ficou realmente eufórico diante do que a mesma falou. – Foi justamente isso que tentei te mostrar todo esse tempo. Utilizo bases da teoria molecular e quântica em prol de responder essas questões cujo nível não seja acessível ao olho nu, com base em teorias significativas para isso. Enfim, uso programadores e dispositivos que contribuem em muito para a realização de cálculos mais elaborados, algum dia mostrarei para você!

- Só porque concordei com você em alguns aspectos não significa que concorde em tudo. – Ainda me parece difícil elucidar suas formas de cálculo. – Mesmo não sendo tão simples assim, Ainda não entendo o quão complexo seja. E isso é o que mais me frustra!

- Tudo bem! – Disse ele com um sorriso cansado, mas satisfeito. – Pelo menos tivemos um grande avanço. Mas, acredito que quando você compreender irá me superar, jamais duvidei da sua capacidade. – Esse elogio realmente fez Leonor ficar mais envergonhada como nunca havia ficado.

- Senhorita, apenas mais uma questão que fiquei pensando agora. – Falou Oliver atrapalhando o momento – Se o trabalho é a aplicação de uma força que você disse que variaria o volume dela. E que a energia interna é a combinação da soma de calor mais do trabalho. Então significaria que você teria que a todo instante aplicar algum tipo de força sobre seu sistema? Não seria cansativo isso? Pensava o contrário.

- O senhor é muito perspicaz! Realmente havia me esquecido desse fato. – Veja em termos práticos a força que no início eu apliquei como um exemplo, pode ser substituída por outro tipo de força. Pois, se eu colocar um determinado gás, como o ar atmosférico que



não é puro e tem diversas partículas, por exemplo. – Ela estava justamente fazendo isso, colocando ar no cilindro.

– Assim, apertando o pistão estarei realizando trabalho nele, como é possível ver no detector. – Leonor ao apertar o pistão para baixo, fez com que o aparelho que estava conectado com fios a regiões específica do cilindro, apresentasse um valor positivo. – Se eu tirar minha mão agora, e não colocar nenhum peso em cima, o que será que aconteceria? – Oliver a viu retirar sua mão e o pistão subir até parar.

- O valor no detector ficou menor do que antes!

- Isso sr. Sands foi devido ao aumento da energia cinética do gás que promoveu mais colisões entre suas moléculas e partículas com a superfície do pistão, graças ao aumento de pressão. Então, o sistema realizou trabalho, levando a diminuição da energia interna. Claro, como esse dispositivo que fiz é fechado, não perde matéria para a vizinhança, mas sim energia, pode-se determinar corretamente a variação da energia interna, ou o seu ΔU .

- Mas por que sua variação e não seu valor absoluto?

- Veja, como foi explicado, a energia interna é um conjunto de energias presentes no sistema, então toda sua elucidação se torna difícil de mensurar, devido a natureza química envolvida, todos os tipos de energia envolvido, bem como as conversões energéticas teriam que ser devidamente calculados. Além do que Josh mencionou sobre o desenvolvimento de modelos moleculares, que não tenho uma ampla noção para lhe explicar. Mas, com base nisso, temos a forma de determinar ΔU , devido à mesma ser uma função de estado. – E antes que pergunte, uma função de estado depende apenas do estado que o sistema se encontra e não da forma como chegou nele. Então conhecendo o estado que inicio meu sistema e o seu final, eu determino a diferença de energia do meu sistema.

- Compreendi agora! – Porém achei curioso o fato de o pistão não ter voltado todo na posição inicial. – Leonor sorriu diante da pergunta do mordomo.

- Isso é extraordinário não é? O trabalho que forneci ao sistema é energia absorvida. Depois que eu não coloquei mais força de impedimento ele retornou a diminui a energia cinética lá dentro. Mas, o valor do trabalho realizado não foi a mesma que apliquei, como



mostra no dispositivo em termos numéricos. Mas sim, houve conversões energéticas entre as partículas e isso fez com que apenas parte da energia fosse realizada como trabalho.

- Haa, agora percebo o que a senhorita quis dizer! Faz todo sentido. Então houve conversão de energia em calor?

- Isso, e provavelmente também em outras formas de energia que podemos não mensurar de tão pequeno que seus valores possam ser. – O sistema tanto pode absorver energia como calor e realizar trabalho. Como também, parte do trabalho absorvido pode ser convertida em calor. No caso do ar atmosférico ele está numa temperatura ambiente quando coloquei dentro do pistão com esse jato aqui, logo, já havia certa energia cinética envolvida. Poderíamos fornecer calor ao sistema e aumentar ainda mais esse número de colisões.

- Na base da termodinâmica estatística chamaríamos isso de acesso a estados disponíveis de energia à medida que se fornece energia térmica. – complementou Josh.

- Por que a senhorita escreveu que a variação de energia interna é o calor mais trabalho, se o sistema que realiza trabalho perde energia? – Questionou Oliver apenas para ter certeza se tinha entendido direito todo aquele mar de informação.

- Bom, isso depende da convenção que adoto, usei o trabalho em módulo significa que quis relacionar o aumento da energia interna pela realização de trabalho nele. Se quisesse colocar negativo significa que sistema perde energia como trabalho, mas no final o entendimento seria quase o mesmo.

- hummm.

- Logo, tudo depende da análise que se faz. Se energia é ganha por trabalho ser realizado dos arredores do sistema, ou chamado de vizinhança. Se trabalho é feito pelo sistema, perde energia, levando a diminuição da energia interna. Da mesma forma, se o processo que ocorre é sem troca térmica, ou seja, adiabático, onde o calor é nulo. Se um gás se expande no vácuo.

- Vácuo? – Perguntou Oliver.



- Sim, um sistema com ausência de partículas, ou o mais próximo possível disso! Usei um aparelho a vácuo, mas a qualidade dele foi bem duvidosa. Não consegui desenvolver um ambiente perfeitamente a vácuo. – Mas, enfim, se trabalho é realizado contra uma força nula, então não se realiza trabalho de fato.

- Pois, precisa que ocorra um deslocamento contra uma força contrária a ela!

- Isso, qualquer tipo de ação que promovo direcionada, ou seja, aplicada num sentido, e existindo resistência a isso, leva a geração de trabalho. – Então a energia interna, nesses casos específicos, como expansão de um gás no vácuo o trabalho, simbolizado por w é nulo. Então $w = 0$. – Leonor continuou escrevendo os cálculos para tornar mais fácil do mordomo de Josh compreender.

- Há, entendi, então a energia interna fica equivalente apenas ao calor!

- Isso, pois trabalho foi nulo nesse processo. Da mesma forma, a energia interna pode ser igual ao trabalho realizado ou recebido pelo sistema, isso ocorre se o sistema for adiabático, onde a troca de energia na forma de calor é nula. – Continuou ela. - Há, sim, teria que mostrar muito mais aplicações para você, o estudo de gases, se ele é monoatômico, ou poliatômico, vai haver ligeiras diferenças. Além de subsídios mais sofisticados de análise.

- Tudo isso me parece abstrato demais senhorita! – Oliver realmente achava tudo formidável, mas ao mesmo tempo como se fosse algo muito mítico.

- Quem trabalha com isso tem um toque de mágico também! – Falou Josh. – Porém, brincadeiras a parte tudo isso é o puro brilhantismo da inventividade humana em buscar de evoluir, bem como o ambiente a sua volta.

- Não poderia ter melhor dito! – Leonor estava realmente inspirada para continuar trabalhando.

- Mas, como vocês fazem essas medições além desses cálculos? Pois, vocês fazem isso, não é? – Ousou finalizar Oliver.

- Mas é claro sr. Sands. Veremos isso em outro momento!



No dia da exposição, o palácio mecânico se encontrava magnífico e opulento!

De fato, toda a população de Londres e visitantes de todo o mundo celebravam as enormes maravilhas da exposição.

Principalmente as criaturas mais aguardadas para a exposição.

Os enormes besouros trazidos das ilhas Mecanium. Eram grandes besouros azulados de patas pretas. Seus olhos como uma rede esverdeada. Eram tanto motivo de admiração como de espanto, pois seus tamanhos eram relativamente próximos a cabeças humanas.

- De onde vieram tais criaturas? Perguntou um visitante com roupas escuras desgastadas.

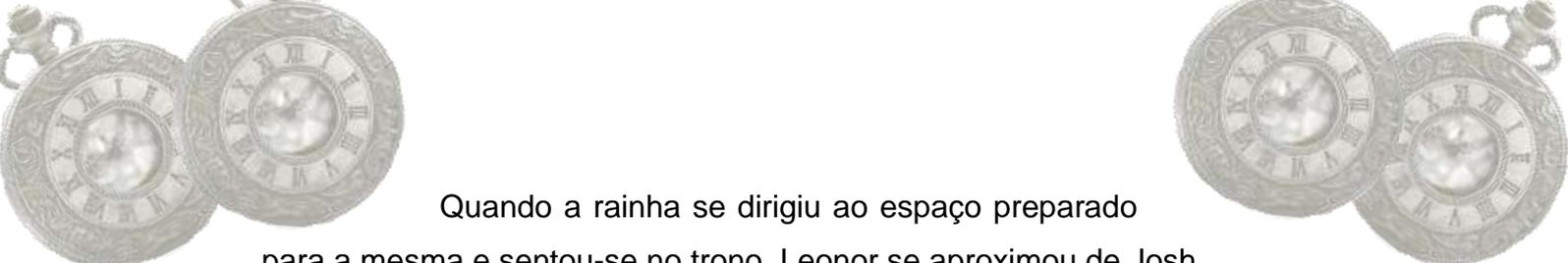
- Vieram das ilhas Mecanium, uma cidade antiga, mas com tecnologia extremamente avançada. Essas criaturas acabaram evoluindo em seu habitat devido a natureza inóspita e vulcânica da mesma. Suas carapaças suportam as lavas. Claro, tiveram a ajuda da modificação genética de médicos e cientistas especializados. – Josh estava em seu monólogo sem demonstrar o quanto estava aborrecido por falar a mesma coisa durante horas e mais horas. – E um grande amigo meu forneceu quatro dessas magníficas criaturas até a finalização da exposição, onde terão que retornar a seu habitat.

- São medonhas! Disse uma criança com a boca melada de doce.

- São dóceis, mas propensas a comer fontes de açúcares. Como em seu habitat tinham bastantes frutas sua dieta é bastante adoçada! – Disse Josh de forma bem imponente a criança, assustando-a. O menino correu até sua mãe, deixando Josh sem compreender o que tinha falado.

Realmente ele não entendia as pessoas!

Ao longe Josh avistou Leonor e uma grande comoção junto. Estava acompanhado da rainha que era seguida por seus súditos. Sua atitude era solícita e altiva, como qualquer monarca. Ela acenou levemente a cabeça para Josh e este fez uma elegante mensura. Viu Leonor vestida de forma elegante, mas despojada. Com espartilho e vestido de cauda bufante, estava pronta para um baile.



Quando a rainha se dirigiu ao espaço preparado para a mesma e sentou-se no trono, Leonor se aproximou de Josh.

- Eu não sabia que ficava tão elegante de terno preto senhor!

- Nem você de vestido! – Rebateu ele.

- Não venha com seus disparates, esse vestido está me sufocando. – Porém, o mais impactante foi que pela noite eu escutei um barulho em minha sala de trabalho, apenas eu escutei, já que a senhora Brigide estava tranquila em seu sono. Mas quando fui lá, juro que avistei um vulto.

- Mas o que? Como assim? – Josh ficou preocupado em haver alguém invadindo a casa de uma dama solteira.

- Eu tenho certeza que vi um vulto, mas não acredito em fantasmas!

- Não foi seu autômato? A empregada insana?

- Não, ela está desativada. Apenas meu mordomo estava na sala ainda em finalização.

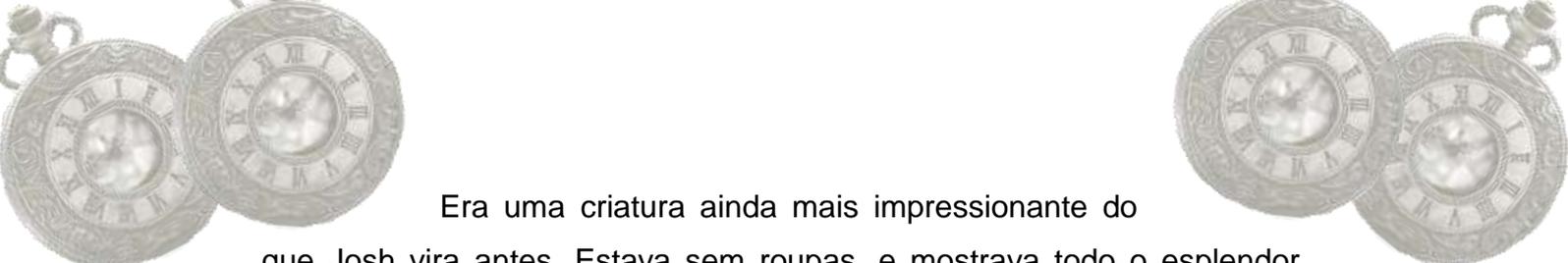
- Eu não ficarei tranquilo até saber o que houve.

Assim que falou isso escutou uma gritaria ao longe, pessoas começando a correr e isso fez gerar uma comoção em cadeia. Embora os encarregados da construção do palácio tentassem acalmar a população, sem ao menos entender o motivo, foi tudo em vão!

Mas, eis que são respondidos quando alguém grita: - *Um monstro de ferro está atacando as pessoas!* Mais comoção foi gerada, bem como os guardas da rainha começaram a proteger a monarca a todo custo. Josh e Leonor não tiveram um bom pressentimento sobre aquilo.

Como que por mágica invocativa a criatura entrou no salão principal onde todos eles se encontravam e atacaram os guardas que ousaram se aproximar.

Era o autômato Albert feito por Leonor.



Era uma criatura ainda mais impressionante do que Josh vira antes. Estava sem roupas, e mostrava todo o esplendor dourado da máquina, por dentro algumas engrenagens eram visíveis rodando. Novamente Josh percebeu o padrão dos movimentos ágeis da criatura, como os de um soldado e não de um simples mordomo. Teve certeza de que não a culpa não era de Leonor.

- Albert! Gritou Leonor se aproximando da criatura. – Pare com isso!

Josh ficou em pânico vendo a criatura se aproximando dela, que a empurrou para longe, fazendo Leonor chocar o seu corpo numas peças de armadura. Ao bater a cabeça, ficou bastante tonta.

Sonolenta, ela viu Josh lutando e protegendo a rainha. Do resto ao seu redor, ela não conseguiu ter noção de mais nada. Ele atacou o autômato, e a criatura revidou, indo em direção a Vitória. Os soldados agiram, mas também foi em vão. Até Josh com um ímpeto de força correu atrás da criatura e pulou em cima dela.

Leonor viu toda a cena, sentindo um grande desconforto por todo seu corpo. Contudo, pegou a lança da armadura e se levantou. Atacou o senhor Albert no local onde ficava o circuito programador dele, perfurando sua cabeça.

Quando Leonor caiu no chão fatigada um grande portal se abriu e duas figuras aparecem no recinto. Enquanto o autômato voltava a levantar, ele foi atingido por uma descarga de raios na direção do autômato, desativando ele por completo.

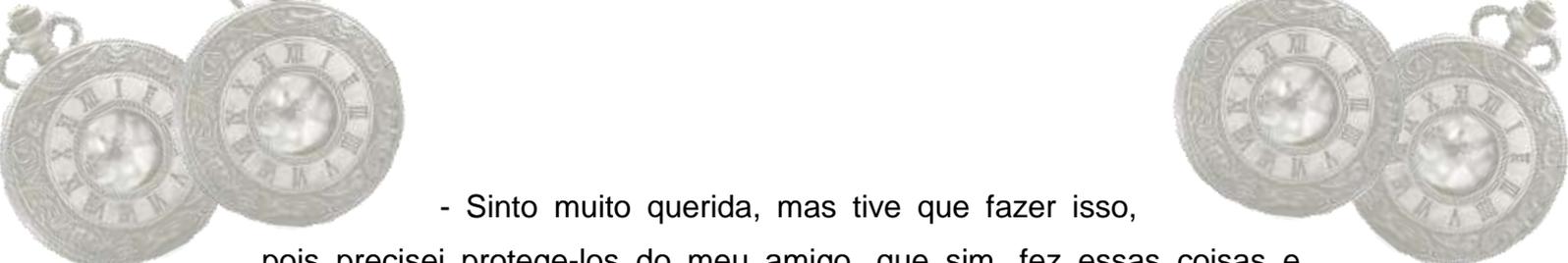
- Tio! – Falou Josh extremamente surpreso.

- Olá meu querido sobrinho! – Disse o seu tio com um leve sorriso.

- Quem são vocês? Quis saber Vitória nada feliz pelo ocorrido.

- Que descuido meu, sou Josiah Willard Gibbs, tio de Josh e o meu companheiro aqui é James Clerk Maxwell que disparou a descarga. – Hum.... Então, esta é a senhorita que anda cortejando? Disse o tio de Josh olhando para Leonor. – Sinto muito por invadir seu laboratório.

- Então fora você, eu sabia que havia alguém! – Falou Leonor evitando mencionar o que ele acabara de falar sobre cortejar.



- Sinto muito querida, mas tive que fazer isso, pois precisei protegê-los do meu amigo, que sim, fez essas coisas e muitas outras mais que vocês não sabem. Na verdade, ele não tem um bom temperamento.

- Como assim tio? – Josh ficou aliviado de que o seu tio não foi o responsável pelos ataques.

- Posso ser um americano não inclinado a regimes monárquicos, com todo respeito majestade, mas não vou atacar as pessoas dessa maneira. E nem prejudica-lo meu sobrinho. Mas, diferente de mim meu amigo Ludwig Boltzman não compartilha da mesma ideia. Além disso, está um tanto agitado ultimamente! – Ele que lançou todos esses ataques entrando no laboratório da senhorita Spencer e modificando a programação do autômato.

- Qual é o plano dele? – Ousou saber o rapaz.

- Nada muito elaborado, embora não saiba tudo, ele quer lançar uma série de ataques a Londres, além de modificar a base científica clássica, com que lidamos os fenômenos para uma mais estatística. Você sabe bem do que estou falando Josh! Porém, não concordo com isso, lidamos com fenômenos macroscópicos e microscópicos. Então, uma coisa não substitui a outra e sim se aliam!

- Mas ele não vê assim! – Falou seu sobrinho. – O que podemos fazer?

- No momento encontrá-lo, ele solto por Londres pode ser mais perigoso do que podemos imagin...

De repente as luzes do recinto se apagaram, tanto Josh quanto Leonor deram-se as mãos para se protegerem.

E escutaram uma notória e sombria risada ecoando ao redor de todos eles...

FIM...