



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Sociedade Brasileira de Física
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

Rayana Machado Vicente dos Santos Cruz

**APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NUMA PERSPECTIVA DE
EDUCAÇÃO EM DIREITOS HUMANOS: ASTROQUÍMICA E ARTE
EM PROL DA VALORIZAÇÃO DO ADOLESCENTE**

Campos dos Goytacazes/RJ

2020.1



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE



Rayana Machado Vicente dos Santos Cruz

APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NUMA PERSPECTIVA DE EDUCAÇÃO EM
DIREITOS HUMANOS: ASTROQUÍMICA E ARTE EM PROL DA VALORIZAÇÃO DO
ADOLESCENTE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Wander Gomes Ney

Campos dos Goytacazes/RJ

2020.1

Biblioteca Anton Dakitsch
CIP - Catalogação na Publicação

C957a Cruz, Rayana Machado Vicente dos Santos
Aprendizagem de ciências numa perspectiva de educação em direitos humanos: astroquímica e arte em prol da valorização do adolescente / Rayana Machado Vicente dos Santos Cruz - 2020.
254 f.: il. color.

Orientador: Wander Gomes Ney

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ, 2020.
Referências: f. 144 a 151.

1. Educação em Direitos Humanos. 2. Aprendizagem de Ciências. 3. Ciência e arte. 4. Astroquímica. 5. Estrelas. I. Ney, Wander Gomes, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Biblioteca Anton Dakitsch do IFF com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NUMA PERSPECTIVA DE EDUCAÇÃO EM
DIREITOS HUMANOS: ASTROQUÍMICA E ARTE EM PROL DA VALORIZAÇÃO DO
ADOLESCENTE

Rayana Machado Vicente dos Santos Cruz

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 10 de fevereiro de 2020.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Pierre Schwartz Augé
Doutor em Educação- Universidade Federal Fluminense
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *campus* Campos-Centro

Prof. Dr. Cassiana Barreto Hygino Machado
Doutora em Ciências Naturais- Universidade Estadual do Norte Fluminense
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *campus* Campos-Centro

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Souza
Doutor em Física- Universidade Federal do Rio de Janeiro
Universidade Estadual do Norte Fluminense

Prof. Dr. Wander Gomes Ney
Doutor em Física- Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
Orientador e Presidente da Banca Examinadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *campus* Campos-Centro

Campos dos Goytacazes/RJ

2020.1

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Cremilda Machado Barcelos, que sempre me apoiou e tanto me incentiva na construção de conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Fundamentalmente, agradeço a Deus por me encorajar a caminhar em aprendizado, mesmo com todas as dificuldades encontradas durante a pós-graduação.

Agradeço a toda comunidade do Instituto Federal Fluminense *campus* Campos-Centro e a seus profissionais, que foram espelhos na minha reafirmação de amor pela docência. Agradeço aos professores e colegas de curso pelas trocas de experiências e pelo apoio nos momentos mais delicados de saúde. Como é bom estar bem!

Em especial, agradeço ao Programa de Educação Tutorial - PET Ciências da Natureza - por ser meu lar de ideias em ação desde a graduação e, neste lar, agradeço ao meu “paifessor”, também tutor e orientador, Wander Gomes Ney, por ser minha referência híbrida de conhecimento e simplicidade.

Por fim, com o coração grato, deixo aqui o meu sorriso para cada aluno que compartilhou abraços fraternos comigo. Obrigada, humanos!

Então Ele tomou as crianças nos braços, pôs as mãos sobre a cabeça delas, e as abençoou.
Bíblia Sagrada

RESUMO

APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NUMA PERSPECTIVA DE EDUCAÇÃO EM DIREITOS HUMANOS: ASTROQUÍMICA E ARTE EM PROL DA VALORIZAÇÃO DO ADOLESCENTE

Rayana Machado Vicente dos Santos Cruz

Orientador: Prof. Dr. Wander Gomes Ney

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) considera a criança e o adolescente como um ser em desenvolvimento que deve ser respeitado. Contudo, observamos que tal afirmação não corresponde à vivência de muitos adolescentes no Brasil: a violência sexual infanto-juvenil, por exemplo, tem índices alarmantes no país. A escola, como espaço de transformações sociais, não deve assumir um papel de neutralidade diante das violações de direitos! Com essa mentalidade, o objetivo principal desta pesquisa é investigar a potencialidade de uma sequência didática que, correlacionando ciência e arte, busca promover a Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos (EDH). Os fundamentos teóricos sustentam-se na EDH, bem como na interação social sob a visão construtivista de Vygotsky e suas atribuições na psicologia da arte. Nesse sentido, foi elaborado um produto educacional com oito etapas investigativas, tendo como suporte material um livro paradidático, de autoria própria, intitulado *Estrelas também falam*. Numa linguagem poética, a história fictícia percorrida no livro articula conceitos da formação química do universo e sua relação com o ser humano. A sequência didática foi aplicada numa turma de 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola da rede privada, localizada no município de Campos dos Goytacazes-RJ. Quanto à metodologia de pesquisa, a investigação possui viés qualitativo, do tipo estudo de caso, e os instrumentos de coleta de dados foram: desenhos; questionários; observação participativa; e atividades de interpretação de texto. A partir da análise dos resultados, constatamos que o produto educacional mostrou-se exitoso, visto que houve indícios de aprendizagem de conteúdos da astroquímica numa perspectiva de EDH.

Palavras-chave: Educação em Direitos Humanos. Aprendizagem de Ciências. Ciência e arte. Astroquímica. Estrelas.

ABSTRACT

SCIENCE LEARNING IN A HUMAN RIGHTS EDUCATION PERSPECTIVE: ASTROCHEMISTRY AND ART FOR ADOLESCENT VALUATION

Rayana Machado Vicente dos Santos Cruz

Supervisor: Prof. Dr. Wander Gomes Ney

Master's dissertation presented to the Post-Graduation Program at the Federal Institute of Education, Science and Technology Fluminense, in the National Professional Master's Course of Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements for obtaining the Master's degree in Physical Teaching.

The Child and Adolescent Statute (ECA) considers children and adolescents as a developing being that must be respected. However, we have noted that this statement does not correspond to the experience of many adolescents in Brazil: child-youth sexual violence, for example, has alarming rates in the country. The school, as a space for social change, should not assume a neutral role in the face of rights violations! With this mindset, the main objective of this research is to investigate the potentiality of a didactic sequence that, correlating science and art, seeks to promote science learning from a perspective of Human Rights Education (EDH). The theoretical foundations are based on EDH, as well as on social interaction under the constructivist vision of Vygotsky and his attributions in the art psychology. In this sense, an educational product with eight investigative stages was elaborated, having as material support a paradidactic book, by its own author, entitled Stars talk too. In a poetic language, the fictional story discussed in the book articulates concepts of the chemical formation of the universe and its relation to the human being. The didactic sequence was applied to a 9th grade elementary school at a private school, located in Campos dos Goytacazes-RJ. As for the research methodology, the investigation has a qualitative bias, such as a case study and the data collection instruments were: drawings; questionnaires; participatory observation and text interpretation activities. Per the results analysis, we found that the educational product proved to be successful, as there was evidence of learning astrochemistry content from an EDH perspective.

Keywords: Human Rights Education. Science learning. Science and art. Astrochemistry. Stars.

Campos dos Goytacazes/RJ

2020.1

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mediação entre o sujeito e o objeto	27
Figura 2- Tabela periódica.....	39
Figura 3- Principais reações nucleares da nucleossíntese primordial	41
Figura 4- Formação de ^4He por meio de reações da cadeia próton-próton ocorridas na nucleossíntese quiescente	44
Figura 5- Formação de ^4He por meio de reações do ciclo CNO ocorridas na nucleossíntese quiescente	44
Figura 6- Processo triplo <i>alfa</i>	45
Figura 7- Reações de formação de elementos mais pesados a partir da captura de ^4He na nucleossíntese estelar de uma gigante vermelha	46
Figura 8- Reações de formação de elementos mais pesados a partir da queima de C e O na nucleossíntese estelar de uma gigante vermelha	47
Figura 9- Representação da estrutura, em camadas, de uma estrela gigante vermelha com aproximadamente vinte massas solares no final da sua vida.....	48
Figura 10- Momentos finais de uma estrela maciça (com aproximadamente 20 massas solares) que resulta numa explosão do tipo supernova.....	50
Figura 11- Supernova 1987A na Grande Nuvem de Magalhães (atingiu a magnitude 3 no seu pico de brilho e foi visível a olho nu).....	56
Figura 12- Ilustração da captura de nêutrons	59
Figura 13- Foto do desenho feito pelo aluno 1 em resposta à questão “a” do questionário prévio.....	86 e 93
Figura 14- Foto do desenho feito pelo aluno 5 em resposta à questão “a” do questionário prévio.....	87
Figura 15- Foto do desenho feito pelo aluno 2 em resposta à questão “a” do questionário prévio.....	87
Figura 16- Foto do desenho feito pelo aluno 3 em resposta à questão “a” do questionário prévio.....	87
Figura 17- Foto do desenho feito pelo aluno 4 em resposta à questão “a” do questionário prévio.....	88

Figura 18- Foto do desenho feito pelo aluno 1 em resposta à questão “b” do questionário prévio.....	88 e 93
Figura 19- Foto do desenho feito pelo aluno 2 em resposta à questão “b” do questionário prévio.....	88 e 94
Figura 20- Foto do desenho feito pelo aluno 3 em resposta à questão “b” do questionário prévio.....	89 e 94
Figura 21- Foto do desenho feito pelo aluno 4 em resposta à questão “b” do questionário prévio.....	89 e 94
Figura 22- Foto do desenho feito pelo aluno 7 em resposta às questões “a” e “b” do questionário prévio	89
Figura 23- Foto do desenho feito pelo aluno 6 em resposta à questão “a” do questionário prévio.....	90 e 93
Figura 24- Foto do desenho feito pelo aluno 5 em resposta à questão “b” do questionário prévio.....	90 e 95
Figura 25- Foto do desenho feito pelo aluno 6 em resposta à questão “b” do questionário prévio.....	91 e 95
Figura 26- Foto do desenho feito pelo aluno 1 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.....	121 e 128
Figura 27- Foto do desenho feito pelo aluno 2 em resposta à questão “a” do questionário final	121 e 126
Figura 28- Foto do desenho feito pelo aluno 4 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.....	121 e 126
Figura 29- Foto do desenho feito pelo aluno 2 em resposta à questão “b” do questionário final	122 e 126
Figura 30- Foto do desenho feito pelo aluno 3 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.....	122 e 127
Figura 31- Foto do desenho feito pelo aluno 5 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.....	122 e 127
Figura 32- Foto do desenho feito pelo aluno 6 em resposta à questão “a” do questionário final	123 e 125
Figura 33- Foto do desenho feito pelo aluno 6 em resposta à questão “b” do questionário final	123 e 128

Figura 34- Foto do desenho feito pelo aluno 7 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final	123 e 127
Figura 35- Foto dos <i>paper crafts</i> feitos pela professora.....	140

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Distribuição anual das supernovas descobertas entre 1934 e 1999	55
Gráfico 2- Energia por <i>nucleon</i> na formação de elementos químicos.....	57
Gráfico 3- Respostas dos alunos à segunda pergunta do questionário prévio	99
Gráfico 4- Respostas dos alunos à terceira pergunta do questionário prévio.....	100
Gráfico 5- Respostas dos alunos à segunda pergunta do questionário final.....	133
Gráfico 6- Respostas dos alunos à terceira pergunta do questionário final.....	134
Gráfico 7- Opinião dos alunos sobre a relevância do tema astroquímica.....	135
Gráfico 8- Opinião dos alunos sobre os encontros realizados.....	136
Gráfico 9- Opinião dos alunos sobre ter notado ou não que o assunto “estrelas” tinha relação com o assunto “ser humano”	137
Gráfico 10- Opinião dos alunos sobre o livro trabalhado e as atividades realizadas terem sido relevantes ou não para uma reflexão sobre o valor do ser humano.....	138
Gráfico 11- Autoavaliação dos alunos quanto à compreensão dos conteúdos científicos trabalhados no segundo bimestre.....	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Etapas da sequência didática e seus respectivos objetivos e duração.....	74 e 155
Quadro 2- Categorizações das US recortadas em resposta à Atividade 1 (desenho) da Etapa 1	86
Quadro 3- Categorizações das US recortadas em resposta à Atividade 1 (desenho) da Etapa 1, segundo o Realismo intelectual de Luquet.....	92
Quadro 4- Categorizações das US recortadas na análise das respostas dos alunos à primeira questão do questionário prévio e seus respectivos exemplos	97
Quadro 5- Categorizações das US recortadas na análise das respostas dos alunos às atividades de interpretação de texto ao longo do bimestre (PC), bem como seus respectivos exemplos.....	117
Quadro 6- Categorizações das US recortadas em resposta à Atividade 1 (desenho) da Etapa 8	120
Quadro 7- Categorizações das US recortadas em resposta à Atividade 1 (desenho) da Etapa 8, segundo o Realismo intelectual de Luquet.....	125
Quadro 8- Categorizações das US recortadas na análise das respostas dos alunos à primeira questão do questionário final e seus respectivos exemplos.....	130

LISTA DE SIGLAS

ATD: Análise Textual Discursiva

BNCC: Base Nacional Comum Curricular

CEFET-RJ: Centro Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

CNEDH: Comitê Nacional de Educação em Direitos Humanos

CONFICT: Congresso Fluminense de Iniciação Científica e Tecnológica

CONSED: Conselho Nacional de Secretários de Educação

CTSA: Ciência, Tecnologia, Sociedade e Arte

DDHH: Direitos Humanos

DUDH: Declaração Universal dos Direitos Humanos

ECA: Estatuto da Criança e do Adolescente

EDH: Educação em Direitos Humanos

ENAP: Escola Nacional de Administração Pública

ENPEC: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências

IFF: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

MAP: Material de Apoio ao Professor

MEC: Ministério da Educação e Cultura

MNDH: Movimento Nacional dos Direitos Humanos

OEI: Organização de Estados Ibero-americanos

ONU: Organização das Nações Unidas

PC: Perguntas do Capítulo

PNDH: Programa Nacional de Direitos Humanos

PNEDH: Plano Nacional de Educação em Direitos Humanos

SDH/PR: Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República

SNPDCA- Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Criança e do Adolescente

UFT: Universidade Federal do Tocantins

UNDIME: União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 O Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) e a violência sexual infanto-juvenil.....	20
2.2 Educação em Direitos Humanos (EDH).....	22
2.3 Teoria Sociocultural de Vygotsky	26
2.3.1 Psicologia da arte de Vygotsky	29
2.4 Ciência e arte	30
2.5 Astroquímica nas aulas de Ciências da Natureza?	35
2.6 Do Big Bang à tabela periódica- A formação química do universo.....	39
2.6.1 Nucleossíntese primordial	41
2.6.2 Nucleossíntese estelar.....	42
2.6.3 Supernovas	53
2.6.4 Processo de captura de nêutrons.....	57
3 METODOLOGIA.....	63
3.1 A pesquisa	63
3.1.1 <i>Locus</i> e sujeitos da pesquisa.....	64
3.1.2 Contexto da pesquisa.....	65
3.1.3 Instrumentos de coleta de dados.....	65
3.1.4 Técnicas de análises de dados	67
4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO.....	72
4.1 Considerações iniciais	72
4.2 Roteiro do produto.....	74
5 APLICAÇÃO DO PRODUTO E ANÁLISE/DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	83
5.1 Considerações iniciais	83
5.2 Aplicação, resultados e análise/discussão	84
5.3 Análise da avaliação da sequência didática.....	135
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	141
REFERÊNCIAS	144
APÊNDICE- Produto Educacional.....	152
ANEXO- Certificados relevantes para a pesquisa (formação continuada)	251

1 INTRODUÇÃO

Ao considerar a educação como um processo de formação do indivíduo enquanto ser social, é possível pensar em cidadãos capazes de assumir uma postura crítica na sociedade. O ser humano aprende para saber, para conviver, para fazer ou mesmo para ser (BRANDÃO, 1993). A escola é uma facilitadora desse processo e, como tal, deve possibilitar espaços dialéticos para o aprendizado, no sentido de fomentar o diálogo entre posicionamentos divergentes. Contudo, a educação escolar, muitas vezes, se restringe aos aspectos conteudistas das disciplinas, evidenciando uma falsa ideia de neutralidade da escola diante das questões sociais; ao passo que estas, por sua vez, interferem na vida do aluno enquanto ser social e, por conseguinte, enquanto ser humano no exercício de seus direitos (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2013).

O Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) considera a criança e o adolescente como um ser em desenvolvimento que deve ser respeitado. Dessa maneira, o ECA reúne um conjunto de leis em prol da proteção infantil, atribuindo tal responsabilidade à família, à sociedade e ao poder público, de maneira a proteger a criança e o adolescente contra quaisquer formas de abuso (BRASIL, 1990). Todavia, observamos que essa não é a realidade vivenciada por muitos adolescentes no nosso país, visto que a violência sexual infanto-juvenil tem números alarmantes no Brasil (BRASIL, 2018). Frente a esses altos índices, é preocupante o desconhecimento da sociedade a respeito do assunto e, quando não há o desconhecimento, o problema é justamente a ideia de neutralização social em relação à situação envolvendo esses crimes (BRASIL, 2011). Essa cruel realidade nos incomodou tanto, a ponto de ampliarmos nossa zona de reflexão, trazendo-a para o campo da ação. Precisamos falar sobre isso! A partir desse desconforto, estamos buscando soluções práticas para um problema social tão obscuro e, assim, a ideia dessa dissertação foi concebida.

Já considerando a transição governamental por qual passou o Brasil no ano de 2019, vale ressaltar que a Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República (SDH/PR) - agora estabelecida dentro de uma nova estrutura: Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos - continua tendo a missão de desenvolver políticas públicas voltadas à promoção dos direitos da criança e do adolescente (BRASIL, 2019). Tal missão é executada pela Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Criança e do Adolescente- SNPDCA (BRASIL, 2019). Nesse sentido, existem iniciativas como o Plano Nacional de Enfrentamento a Violência Sexual Contra Crianças e Adolescentes, o qual estabelece uma série de estratégias complementares para que o problema seja enfrentado (BRASIL, 2019). No Brasil, o Disque

100 é um dos principais meios de denúncia dos crimes envolvendo crianças e adolescentes. Apenas em 2015 e 2016, 37 mil casos de denúncias de violência sexual na faixa etária de 0 a 18 anos foram recebidos pelo Disque 100 (BRASIL, 2018). Esses números representam meninas e meninos submetidos a uma vida indigna, o que pode gerar consequências traumáticas para cada um deles.

A prevalência e o respeito à dignidade humana da criança e do adolescente podem ser promovidos de diversas maneiras, tais como por meio da defesa jurídico-social, da mobilização social e da educação popular (BRASIL, 1990). No âmbito da educação, a construção do conhecimento reforça a figura da escola como um espaço transformador: Segundo Freire (1996), “Educação não transforma o mundo. Educação muda as pessoas. Pessoas transformam o mundo” (Ibid., p. 84). Nessa perspectiva, faz-se necessário repensar o aprendizado escolar a partir das relações entre sujeitos individuais e coletivos, visto que alunos são, de fato, seres humanos munidos de implicações pessoais numa sociedade plural. Desenvolvemos o presente trabalho com a convicção de que o ser humano é um sujeito de direitos, crianças e adolescentes são sujeitos de direitos! Entretanto, sabemos que essa é uma realidade, muitas vezes, desconhecida - ou desacreditada - pelos mesmos.

Segundo a Declaração Universal dos Direitos Humanos (DUDH), a qual completou 70 anos em 2018, “Todo ser humano tem o direito de ser, em todos os lugares, reconhecido como pessoa perante a lei” (ONU, 1948). Portanto, todos os lugares são espaços para tal reconhecimento e, diante das diversas possibilidades relacionais na escola, esta se apresenta com grande potencial de promover uma educação em prol da valorização do ser. Nessa perspectiva, entendemos que uma educação escolar que se preocupa com o valor do ser humano não se restringe às ciências humanas (filosofia, sociologia, história etc.), as aulas de Ciências da Natureza também tem essa responsabilidade (e oportunidade) de promover o respeito à dignidade humana.

Ao pensar em Educação em Direitos Humanos nas aulas de Ciências da Natureza, é importante repensar a relação professor-aluno a fim de dinamizar as interações, as trocas, a busca, os resultados. Quando essa relação é afetiva, a comunicação em sala de aula é potencializada e, por conseguinte, há troca de sentimentos, não apenas de significados (NOVAK, 1996 apud MOREIRA, 2011). Por que se preocupar com sentimentos? Vale ressaltar que, segundo o ECA, a educação visa o pleno desenvolvimento do ser humano (BRASIL, 1990). Dessa maneira, partindo da ideia de que educação é o conjunto de experiências (cognitivas, afetivas e psico-motoras) que contribui para o desenvolvimento do indivíduo para lidar com o cotidiano (NOVAK, 1996 apud MOREIRA, 2011), em

conformidade com a visão humanista de Novak, destacamos aqui a relevância da afetividade na sala de aula (NOVAK, 1996 apud MOREIRA, 2011).

A afetividade possibilita perceber o outro, e esse “outro” tem uma história de vida que, embora faça parte do seu desenvolvimento dito “pleno”, muitas vezes não é conhecida ou compreendida pela escola. Não se trata de atribuir à escola total responsabilidade sobre as diversas esferas da vida do aluno, mas buscamos uma educação que, de fato, contribua para o pleno desenvolvimento do aprendiz, de maneira a proteger a criança e o adolescente contra quaisquer tipos de abuso. Nesse sentido, entendemos que a interação social, segundo a visão construtivista (VYGOTSKY, 1988), assume um relevante papel no processo de aprendizagem. O cognitivismo (construtivismo) enfatiza o ato de conhecer, o como o sujeito enxerga o mundo e, conseqüentemente, conhece a si mesmo (MOREIRA, 2011). Dessa forma, consideramos que a sala de aula torna-se um ambiente oportuno para suscitar emoções e transformá-las em sentimento, corroborando, assim, para uma aprendizagem pautada na Educação em Direitos Humanos. Transformar emoções em sentimentos? A arte faz isso! Segundo Vygotsky, a arte torna as emoções mais complexas, transformando-as em sentimento, alterando assim a estrutura da consciência num processo de catarse (VYGOTSKY, 1999).

A arte solicita a visão, a escuta e os demais sentidos como portas de entrada para uma compreensão mais significativa das questões sociais (BRASIL, 1997), e isso inclui o olhar do aluno sobre si mesmo enquanto ser humano e, como tal, um sujeito de direitos. Ao longo das gerações, músicas, poesias, pinturas e diversas outras manifestações artísticas suscitam reflexões sobre a origem e o sentido da vida (MOREIRA; MASSARANI, 2006). A existência do homem na imensidão do universo é inspiradora! Perguntas intrigantes são feitas pelos seres humanos desde os primórdios: de onde viemos? Como surgiu o mundo ao nosso redor? No contexto da aprendizagem sobre a constituição atômica da matéria, essas perguntas podem ser reformuladas para: de onde vieram os elementos químicos presentes na natureza? Como surgiu a matéria apresentada pela tabela periódica? Essas perguntas, geralmente, não são discutidas em sala de aula, já que o contexto educacional atual tem apresentado a natureza de forma fragmentada, onde os processos e fenômenos tornam-se cada vez mais isolados de seu contexto histórico, social e interdisciplinar (GARRUTTI; SANTOS, 2004; OLIVEIRA; QUEIROZ, 2013).

A partir do exposto, esta pesquisa busca investigar: Em que medida uma proposta de material literário paradidático, com conteúdos sobre a formação química do universo

dispostos em linguagem poética, pode contribuir para a Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos?

A relação da ciência com a cultura¹ da humanidade se expressa também na arte (MOREIRA; MASSARANI, 2006; ZANETIC, 2006). Quem nunca se deparou, por exemplo, com a expressão “somos poeira estelar” ou “somos luz” em letras de músicas e poesias? Do ponto de vista científico, de acordo com estudos no âmbito da astroquímica, a conexão que vincula a humanidade com as estrelas diz respeito principalmente aos elementos químicos, indispensáveis para manter a estrutura física do homem (MENDES, 2011).

Com ênfase na formação dos elementos químicos que compõem a matéria conhecida nos dias atuais, ou seja, valendo-se da astroquímica num recorte do Big Bang até a tabela periódica vigente, podemos identificar sua relação com a arte ao longo da história da humanidade (ZANETIC, 2006). Contudo, é preciso estabelecer um diálogo entre as partes para que o todo seja compreendido. Faz-se necessária a busca por relações com diversas áreas do conhecimento, no sentido de propiciar, aos alunos, uma compreensão mais integrada de si mesmo, do mundo e da realidade a sua volta (SILVA, 2008).

Diante da necessária valorização do aluno enquanto ser humano, acreditamos que esta pesquisa seja uma ferramenta interessante para a Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos. Para isso, o produto educacional apresentado neste trabalho conta com o suporte de um livro paradidático, de autoria própria, intitulado *Estrelas também falam*. Numa linguagem poética, a história fictícia percorrida no livro articula conceitos da formação química do universo e sua relação com o ser humano. Esperamos que a sequência didática sugerida contribua para o conhecimento referente à astroquímica e suas implicações na valorização do ser humano, de forma a colaborar com a proteção de crianças e adolescentes contra quaisquer tipos de abuso. Dessa maneira, o objetivo principal desta pesquisa é investigar a potencialidade de uma sequência didática, baseada em conteúdos pertinentes à formação química do universo dispostos numa linguagem poética, para a promoção da Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos.

No que tange aos objetivos específicos, podemos listá-los conforme segue: i) escrever um livro autoral sobre a formação química do universo que viabilize uma transposição

¹ O conceito de cultura não é unânime, o termo possui diversas definições. Contudo, para esse caso, atribui-se ao conceito de Goodenough (1964), em que a cultura é considerada uma síntese dos conhecimentos que são compartilhados pelos membros de uma determinada sociedade, servindo-lhes de parâmetros para interagir entre si, bem como para apreender o mundo à sua volta (GOODENOUGH, 1964 apud DURANTI, 1997).

didática quanto à valorização do adolescente; ii) elaborar e aplicar um produto educacional utilizando o livro escrito; iii) propor atividades com intuito de encontrar indícios que apontem para a ocorrência da Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos; iv) evidenciar e analisar os dados coletados durante a aplicação do produto educacional.

Em relação à metodologia de pesquisa desta dissertação, consideramos apropriada a investigação por meio de um estudo de caso, haja vista o cerne qualitativo de tal averiguação (ANDRÉ, 2005). Como instrumentos de avaliação, utilizamos desenhos dos discentes, questionários, atividades de interpretação de texto, bem como a observação participativa, mesmo que limitada, por parte da aplicadora (professora pesquisadora). Nesse processo, buscamos informações sobre as associações entre conceitos das ciências naturais no ramo da formação química do universo e sua relação com o ser humano, segundo o ponto de vista do aluno.

A fundamentação teórica que suporta este trabalho encontra-se no capítulo 2, cujo enfoque é aprofundar discussões sobre: o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) e a violência sexual infanto-juvenil; enfatizando assim a necessidade de nos apropriarmos de uma educação que se preocupa com os Direitos Humanos, a EDH. Nesse sentido, traremos também considerações relevantes da Teoria Sociocultural de Vygotsky, apontando algumas contribuições da Psicologia da arte de Vygotsky para o processo de aprendizagem. Além disso, discorreremos sobre a relação entre ciência e arte, bem como a relevância do tema “astroquímica” nas aulas de Ciências da Natureza. Ainda no capítulo 2, enfatizaremos conteúdos e conceitos da Química e da Física relacionados à formação química do universo.

No capítulo 3, encontra-se a metodologia da pesquisa utilizada, bem como o contexto de aplicação, os sujeitos da pesquisa e os instrumentos de coleta de dados. O capítulo 4, por sua vez, contém uma descrição do produto educacional elaborado, trazendo algumas considerações iniciais em relação ao material didático desenvolvido, além de apresentar o roteiro sequencial de atividades executadas durante as aulas, detalhando as etapas investigativas que constituem esta pesquisa.

O quinto capítulo versa sobre a aplicação do produto educacional desenvolvido neste trabalho, evidenciando os dados coletados no decorrer das etapas investigativas. Ainda nesse capítulo, também traremos a análise e discussão dos resultados obtidos à luz do aporte teórico utilizado nesta pesquisa. Por fim, o sexto capítulo contempla as considerações finais deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, encontra-se a fundamentação teórica que suporta este trabalho, cujas seções são: O Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) e a violência sexual infanto-juvenil; Educação em Direitos Humanos- EDH; Teoria Sociocultural de Vygotsky; Psicologia da arte de Vygotsky; Ciência e arte; Astroquímica nas aulas de Ciências da Natureza?; Do Big Bang à tabela periódica- a formação química do universo; Nucleossíntese primordial; nucleossíntese estelar; Supernovas; e Processo de captura de nêutrons. Ademais, de acordo com os assuntos tratados ao longo do capítulo, temos uma revisão bibliográfica distribuída no decorrer das seções, discorrendo, assim, sobre a relação entre educação na área de Ciências da Natureza e Educação em Direitos Humanos, abrangendo também trabalhos que destacam a relevância de temas contemporâneos como “astroquímica” na sala de aula, bem como a reaproximação entre ciência e arte.

2.1 O Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) e a violência sexual infanto-juvenil

O Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) reúne um conjunto de leis em prol da proteção infanto-juvenil contra quaisquer formas de abuso (BRASIL, 1990). Essas leis se afirmam a partir do reconhecimento da criança e do adolescente como sujeitos de direitos. Contudo, a violação desses direitos se acentua no âmbito da violência sexual: entre os anos de 2011 e 2017, o Brasil teve um aumento de 83% nas notificações gerais de violências sexuais contra crianças e adolescentes, segundo boletim emitido pelo, até então, Ministério da Saúde em 2018. No período, foram notificados 184524 casos de violência sexual, sendo 58037 (31,5%) contra crianças e 83068 (45,0%) contra adolescentes (BRASIL, 2018). No enfrentamento à violência sexual, o ECA apresenta 17 artigos dispostos no protocolo facultativo à convenção sobre os direitos da criança referente à venda de crianças, à prostituição infantil e à pornografia infantil. Nessa alçada, destacamos a importância da conscientização pública, inclusive das próprias crianças (com linguagem apropriada, obviamente), conforme consta no parágrafo 2 do artigo 9:

Os Estados-Partes promoverão a conscientização do público em geral, inclusive das crianças, por meio de informações disseminadas por todos os meios apropriados, educação e treinamento, sobre as medidas preventivas e os efeitos prejudiciais dos delitos a que se refere o presente protocolo. No cumprimento das obrigações assumidas em conformidade com o presente artigo, os Estados-Partes incentivarão a participação da comunidade e, em particular, de crianças vitimadas, nas referidas informações e em programas educativos e de treinamento, inclusive no nível internacional (BRASIL, 1990, p. 194).

A partir da implementação do ECA, em consonância com outras normas e acordos internacionais, a violência sexual contra crianças e adolescentes passa a ser encarada como violação aos direitos humanos, ou seja, violação ao respeito, à dignidade, à liberdade, à convivência familiar e comunitária e ao desenvolvimento de uma sexualidade saudável (BRASIL, 2011). A violência sexual engloba diferentes situações verificadas em casos de abuso sexual e exploração sexual. Entende-se por abuso sexual infantil o envolvimento de crianças e adolescentes em situações nas quais há contato sexual físico (sexo genital, anal ou oral, carícias, toques genitais etc.), assim como também pode ocorrer abuso sexual sem o contato físico (assédio sexual, abuso sexual verbal, telefonemas obscenos, produção e exposição à pornografia, bem como *voyerismo*² e exibicionismo) (BRASIL, 2011). No caso da exploração sexual, destaca-se a finalidade do lucro, fomentado por turismo sexual, pornografia, tráfico e prostituição de crianças e adolescentes (BRASIL, 2011).

A violência sexual é uma ameaça ao bem-estar e ao futuro de crianças e adolescentes, podendo trazer graves consequências para seu desenvolvimento, sua saúde e sua capacidade de aprendizagem. Crianças e adolescentes são mais suscetíveis à violência sexual pelo simples fato de serem crianças e adolescentes, mas algumas dessas pessoas são ainda mais vulneráveis por serem meninas pobres e/ou negras ou por terem deficiências (BRASIL, 2011). A autodefesa é um instrumento importante de prevenção. Com a construção de conhecimentos adequados sobre o próprio corpo, crianças e adolescentes podem desenvolver, com mais segurança, sua capacidade de tomar decisões e de dizer não às situações constrangedoras ou desconfortáveis. Cabe lembrar que a participação de crianças e adolescentes na garantia de seus próprios direitos é uma diretriz política do Programa Nacional de Direitos Humanos-PNDH (BRASIL, 2009), conforme citado em:

Diretriz 8: Promoção dos direitos de crianças e adolescentes para o seu desenvolvimento integral, de forma não discriminatória, assegurando seu direito de opinião e participação (BRASIL, 2009, p. 74).

A promoção dos Direitos Humanos na escola gera um ambiente de acolhimento, o que favorece o processo de autoconhecimento da criança e do adolescente (BRASIL, 2011). Dessa forma, entende-se que disseminar a cultura dos Direitos Humanos no convívio escolar é fundamental para o enfrentamento da violência sexual infantil.

² O *voyerismo* é um comportamento que pode tornar-se parafílico, caracterizado pela contemplação de pessoas nuas ou por se engajar em algum tipo de atividade sexual, a fim de alcançar a excitação sexual (BRASIL, 2011).

Com base no ECA (BRASIL, 1990), a Lei 11.525 (BRASIL, 2007) acrescentou à Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996):

O currículo do ensino fundamental incluirá, obrigatoriamente, conteúdo que trate dos direitos das crianças e dos adolescentes, tendo como diretriz a Lei n.º 8.069, de 13 de julho de 1990, que institui o Estatuto da Criança e do Adolescente, observada a produção e distribuição de material didático adequado (BRASIL, 2007).

Essa inclusão de conteúdo imposta pela Lei 11.525 (BRASIL, 2007) requer indagações metodológicas, análises de boas práticas, inserções de materiais didáticos específicos e, sobretudo, uma nova postura para discutir a educação, a instrução e os direitos humanos no sistema escolar (BRASIL, 2012). Sua implantação significa incluir no cotidiano escolar a visão de crianças e adolescentes como sujeitos de direito, cidadãos, protagonistas e merecedores de prioridades, atenção e cuidados (BRASIL, 2012).

O ECA cria os pressupostos da efetiva realização da rede de apoio sócio afetivo que integra o desenvolvimento humano (BRASIL, 1990). Valendo-se dessa rede de apoio, é interessante ressaltar a existência do “Guia Escolar: identificação de sinais de abuso e exploração sexual de crianças e adolescentes”, o qual se apresenta como um importante instrumento na garantia de direitos de crianças e adolescentes para a prevenção da violência sexual, assim como para os cuidados necessários quando esta já tiver ocorrido (BRASIL, 2011). Contudo, conforme mencionado no texto introdutório deste trabalho, devido à falsa ideia de neutralidade da escola diante das questões sociais, talvez esse Guia Escolar ainda não seja um material muito conhecido pelos professores. Ainda! Nesse sentido, vale lembrar que, na vivência dos processos educacionais, uma escola que protege é também uma instituição que busca atender às orientações presentes na doutrina de proteção integral do ECA (BRASIL, 2011).

2.2 Educação em Direitos Humanos (EDH)

Refletir sobre os valores sociais significa olhar para uma sociedade já construída “a partir de” e “sob” diversas violações dos Direitos Humanos. Considera-se o repensar como um alerta diante do olhar de normalidade em meio ao desrespeito à dignidade humana (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2017). Nessa perspectiva, a Educação com base em Paulo Freire (1996) e, permeada pela afetividade proposta por Novak (1996 apud MOREIRA, 2011), contribui bastante para uma Educação mais humana. Porém, o viés de Educação em Direitos

Humanos traz, de forma mais sistematizada, muito do pensamento de Paulo Freire e da visão Humanista, conduzindo ao entendimento de quais “valores humanos” são esses.

Diferentes cores de pele, cabelos, organização social, além da pluralidade do mundo subjetivo, assim são os seres humanos imbuídos de suas diversidades. Vidas tão diferentes, mas com uma profundidade que excede a exterioridade: a dignidade que cada pessoa carrega em sua essência humana. Contudo, em que consiste essa dignidade? O que é o ser humano? Essas são indagações que, ao longo da história, permeiam os campos da religião, da filosofia e da ciência (COMPARATO, 2003).

A dignidade é uma qualidade inerente aos seres humanos enquanto sujeitos morais (KANT, 1995 apud WEYNE, 2008). Para Immanuel Kant, o homem é um fim em si mesmo, não podendo ser utilizado como instrumento. Dessa forma, a proclamação do valor da pessoa humana acarreta na afirmação de direitos específicos de cada homem (KANT, 1995 apud WEYNE, 2008). Contudo, a vivência desses direitos humanos pode se realizar se, e somente se, as regras morais forem interiorizadas por cada ser humano (KANT, 1995 apud WEYNE, 2008). Nesse sentido, a Educação em Direitos Humanos (EDH) não se baseia apenas na construção de conhecimentos em Direitos Humanos (DDHH) como leis, tratados etc., mas em profundas discussões de valores sociais pautados em DDHH (CORTINA, 2005 apud OLIVEIRA; QUEIROZ, 2017).

A EDH ganha reforço como política de Estado no Brasil a partir da Constituição de 1988, oficializando-se com a construção do Comitê Nacional de Educação em Direitos Humanos (CNEDH) em 2003, o qual teve a missão de elaborar o Plano Nacional de Educação em Direitos Humanos PNEDH (BRASIL, 2013). Em 2012, o Conselho Nacional de Educação aprovou as Diretrizes Nacionais para a Educação em Direitos Humanos (BRASIL, 2012), reforçando em seu artigo 4º que a Educação em Direitos Humanos possui como base, entre outras, a afirmação de valores, atitudes e práticas sociais que expressem a cultura dos direitos humanos em todos os espaços da sociedade e a formação de uma consciência cidadã capaz de se fazer presente em níveis cognitivo, social, cultural e político (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2017).

Em 2015, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial e Continuada dos profissionais do Magistério da Educação Básica (BRASIL, 2015) reafirmam o compromisso dos professores da Educação Básica e Superior com a Educação em Direitos Humanos, considerando-a como uma necessidade estratégica na formação dos profissionais do magistério para uma ação educativa em consonância com as Diretrizes Nacionais para a EDH (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2017).

Segundo Candau e colaboradores (2013), a EDH consiste num processo de articulação entre: a) conhecimentos e habilidades: compreender os direitos humanos e os mecanismos existentes para a sua proteção, assim como incentivar o exercício de habilidades na vida cotidiana; b) valores, atitudes e comportamentos: desenvolver valores e fortalecer atitudes e comportamentos que respeitem os direitos humanos; c) ações: desencadear atividades para a promoção, defesa e reparação das violações aos direitos humanos (CANDAU et al., 2013).

Dessa forma, a EDH corrobora para o necessário exercício de conhecer o homem, o que o constitui, qual o seu valor perante uma sociedade, o que lhe é próprio por direito e o que lhe é próprio como dever (COMPARATO, 2003). Nessa busca, o ambiente escolar e, ainda além, as aulas de ciências são de extrema importância para as transformações sociais e enfrentamento das violações percebidas, estabelecendo diálogos entre os seus conteúdos específicos disciplinares e esses valores enquanto seres humanos (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2017).

A EDH tem conquistado espaço e, aos poucos, ações advindas de muitos lugares do Brasil tem ganhado visibilidade. Em 2017, 79 trabalhos, de todas as regiões do Brasil, foram inscritos no 5º Prêmio Nacional de Educação em Direitos Humanos. A região brasileira com mais trabalhos inscritos foi a região Sudeste, com 28, seguida da região Sul, com 11 inscrições. A premiação é uma iniciativa da OEI – Organização de Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura, em conjunto com o Ministério da Educação e o, até então, Ministério dos Direitos Humanos; contando com o patrocínio da Fundação SM (Sociedade de Maria) e o apoio do Conselho Nacional de Secretários de Educação – CONSED e da União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação – UNDIME para sua realização (EDUCAÇÃO EM DIREITOS HUMANOS, 2017).

Em sua última edição, das três categorias que compõem o Prêmio Nacional de Educação em Direitos Humanos, a que recebeu mais inscrições foi a categoria A – Educação Formal, com 43 trabalhos. Essa categoria é destinada às experiências de incorporação da Educação em Direitos Humanos nos projetos político-pedagógicos das escolas e ações pedagógicas de Educação em Direitos Humanos protagonizadas pela comunidade escolar e universitária, instituições e escolas públicas ou privadas de Educação Básica ou Superior (EDUCAÇÃO EM DIREITOS HUMANOS, 2017).

Na correlação entre EDH e Educação em Ciências, vale destacar o projeto “O homem é da Terra, o saber é do homem” encontrado no banco de dados da página oficial do Prêmio Nacional de Educação em Direitos Humanos. Esse projeto destinou-se aos alunos do 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental das escolas municipais Brás Pereira do Nascimento e Rotary

Club de Teixeira de Freitas, na Bahia. Com o objetivo de auxiliar na construção do pensamento crítico do aluno enquanto cidadão imbuído de responsabilidades no meio ambiente como um todo, o projeto trabalhou com temas transversais, possibilitando o desenvolvimento de conteúdos de forma mais dinâmica. Temas como “Ética- respeito mútuo”; “Como respeitar meus direitos?” e “Dependência química” foram desenvolvidos em sala de aula por meio de rodas de conversa e atividades lúdicas. Dessa maneira, o “O homem é da Terra, o saber é do homem” teceu diálogo entre diferentes áreas de conhecimento ao trabalhar a ciência numa perspectiva de EDH (EDUCAÇÃO EM DIREITOS HUMANOS, 2017).

O exercício de repensar a Educação em Ciências atrelada à Educação em Direitos Humanos tem contado também com iniciativas provenientes de cursos de Licenciatura. Ao fazer um levantamento bibliográfico, verificou-se a relevância de tais ações envolvendo licenciandos, uma vez que estes estão sendo preparados para atuarem na Educação Básica. “Planejar aulas de ciências com base na Educação em Direitos Humanos: uma análise na formação inicial de professores”, esse foi um trabalho apresentado no XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC em 2017. O artigo em questão expõe a análise de Planejamentos de Ensino e de Aprendizagem (PEA) produzidos como trabalho final da disciplina “Cultura Brasileira e questões étnico-raciais” numa universidade da região norte do país para responder a seguinte questão: “como Licenciandos de Química e de Biologia (re) elaboram conteúdos específicos em seus planejamentos de ensino e de aprendizagem?” Para isso, o professor da disciplina distribuiu temas como “Gênero e enfrentamento ao machismo” e sugeriu estratégias de ensino como oficinas pedagógicas e Ciência, Tecnologia, Sociedade e Arte- CTSA. A partir da Análise Textual Discursiva (ATD), pode-se averiguar categorias e subcategorias que expressaram como os licenciandos propuseram os conteúdos de ciências da natureza. Verificou-se, por exemplo, conteúdos de química desenvolvidos com uma abordagem de empoderamento sobre a questão das quebradeiras de coco babaçu, dando mais espaço a uma pluralidade de saberes ao longo das aulas. Por fim, a análise dos PEA reforçou a possibilidade de diálogo entre as áreas Educação em Ciências e a Educação em Direitos Humanos (EDH), ou seja, pensar a ciência humanizada sem deixar de lado os conteúdos específicos (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2017).

Como exemplo da relação entre a Educação em Ciências e a Educação em Direitos Humanos, destaca-se também o trabalho analisado numa tese de doutorado do CEFET- RJ: A partir do projeto “Artesanato em capim dourado: uma possibilidade para o empoderamento dos povos indígenas Xerente e comunidades Quilombolas”, produzido durante a disciplina

“Cultura Brasileira e questões étnico-raciais”, é possível perceber o diálogo entre as duas áreas. O projeto busca introduzir as questões culturais a partir de uma arte. Para isso, inicia-se com a sensibilização dos estudantes com uma música tocada em viola de buriti – instrumento regional existente na comunidade de Mumbuca, no Jalapão - Tocantins. Em seguida, discute-se a questão social do artesanato de capim dourado a partir do empoderamento de grupos sociais indígenas (etnia Xerente) e Quilombolas. Como conteúdo de ciência, foi escolhido o tema “Morfologia das angiospermas: raízes, caules, folhas, flores, frutos e sementes”. Além de serem postos em seu contexto social, econômico e cultural, é interessante notar que os conteúdos científicos são abordados a partir do empoderamento de grupos postos à margem, construindo um pensamento crítico de busca pela igualdade em dignidade aos diferentes grupos sociais. Em sala de aula de ciências, um projeto como esse permite estimular os valores de tolerância e diálogo com o outro diferente (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2017).

2.3 Teoria Sociocultural de Vygotsky

Nascido na cidade de Orsha, na Rússia, Lev Semenovich Vygotsky (1896 – 1934) formou-se em Direito, História e Filosofia nas Universidades de Moscou e A. L. Shanyavskii, respectivamente (MOREIRA, 2011). De acordo com o contexto social da Rússia naquela época, é nítida a influência da Revolução Russa de 1917 na formação e, conseqüentemente, no trabalho desenvolvido por Vygotsky. Reverberando nas mais diversas discussões atuais, a questão central de seu trabalho é a construção de conhecimento pela interação do sujeito com o meio: para Vygotsky, o sujeito é interativo, construindo conhecimento a partir de relações intra e interpessoais (MOREIRA, 2011).

Sob a luz do construtivismo na visão vygotskyana, as relações sociais ganharam um papel fundamental no processo de aprendizagem. De acordo com Vygotsky, a interação da criança com o meio ocorre através da utilização de signos e resulta no desenvolvimento cognitivo. A fins de esclarecimento, vale dizer que Vygotsky não foi um pesquisador das chamadas teorias de aprendizagem (MOREIRA, 2011), porém, foi a partir de sua Teoria Sociocultural que iniciou-se a corrente pedagógica chamada de Socioconstrutivismo ou Sociointeracionismo. Isso colocou o aprendizado como uma experiência social, enfatizando a importância das condições de vida do aluno e de suas interações sociais (VYGOTSKY, 1988).

Para Vygotsky (1988), a formação do ser humano depende da inter-relação entre o sujeito e a sociedade ao seu redor; ou seja, o homem modifica o ambiente e o ambiente modifica o homem (VYGOTSKY, 1988). Em Vygotsky, compreendemos que as funções

mentais superiores, ou seja, aquelas funções psíquicas que caracterizam o comportamento consciente do homem - atenção voluntária, percepção, memória e pensamento - dependem da relação entre o ser humano e o seu meio social. A seguir, podemos verificar algumas considerações de Vygotsky (2000) sobre o desenvolvimento dessas funções:

O conceito de “desenvolvimento das funções psíquicas superiores” é objeto de nosso estudo. Abarca dois grupos de fenômenos [...] Trata-se, em primeiro lugar, de processos de domínio dos meios externos do desenvolvimento cultural e do pensamento: a linguagem, a escrita, o cálculo, o desenho; e, em segundo, dos processos de desenvolvimento das funções psíquicas superiores especiais, não limitadas nem determinadas com exatidão, que na psicologia tradicional denominam-se atenção voluntária, memória lógica, formação de conceitos, etc. Tanto uns como outros, tomados em conjunto, formam o que qualificamos convencionalmente como processos de desenvolvimento das formas superiores de conduta da criança (VYGOTSKI, 2000, p. 29).

Assim, a partir do conceito de funções psicológicas superiores, Vygotsky propõe outros conceitos com similar importância, como os que envolvem a relação entre pensamento e linguagem; a mediação; e a zona de desenvolvimento proximal (MOREIRA, 2011). Dentre esses conceitos, destacamos a mediação para enriquecer nossa discussão sobre a importância do papel de mediador atribuído à figura do professor nos processos de ensino e de aprendizagem (VYGOTSKY, 1988). É por meio da mediação que as relações sociais são convertidas em funções psicológicas, é através dela que se dá a internalização (reconstrução interna de uma operação externa) de atividades e comportamentos sócio-históricos e culturais (VYGOTSKY, 1988). A seguir, um esquema simplificado da relação estabelecida entre o sujeito e o objeto a partir da mediação (Figura 1).

Figura 1- Mediação entre o sujeito e o objeto.



Fonte: Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/>>. Acesso em: 28/11/18.

A mediação se constitui em um processo que necessita de dois elementos para ser realizado: instrumento e signo. De maneira geral, podemos pensar em um instrumento como algo que pode ser utilizado para fazer alguma atividade; um signo, por sua vez, é algo que

atribui significado a alguma coisa. O martelo, por exemplo, é um instrumento; os ícones, usados nos computadores, são signos; analogamente, as palavras também são signos, só que signos linguísticos; a linguagem, portanto, é um sistema articulado de signos (MOREIRA, 2011). Nesse sentido, Oliveira (1995) afirma:

Vygotsky trabalha com duas funções básicas da linguagem. A principal função era de intercambio social: é para se comunicar com seus semelhantes que o homem cria e utiliza os sistemas de linguagem. Essa função de comunicação com os outros é bem visível no bebê que está começando a aprender a falar: ele não sabe ainda articular palavras, nem é capaz de compreender o significado preciso das palavras utilizadas pelos adultos, mas consegue comunicar seus desejos e seus estados emocionais aos outros através de sons, gestos e expressões. É a necessidade de comunicação que impulsiona, inicialmente, o desenvolvimento da linguagem. Para que a comunicação com os outros indivíduos seja possível de forma mais sofisticada, não basta, entretanto, que a pessoa manifeste, como o bebê, estados gerais como desconforto ou prazer. É necessário que sejam utilizados signos, compreensíveis por outras pessoas, que traduzam ideias, sentimentos, vontades, pensamentos, de forma bastante precisa. (OLIVEIRA, 1995. p. 42).

Na perspectiva de Vygotsky, o professor atua como um mediador no processo de aprendizagem (VYGOTSKY, 1988), sendo esta mediada pela utilização de instrumentos e signos próprios de cada ambiente social. Dessa forma, o professor deve utilizar estratégias que propiciem um espaço de interação em sala de aula, viabilizando a construção de conhecimento por meio de diálogos, fomentando oportunidades de discussão e reflexão em sala de aula (MOREIRA, 2011). Segundo Vygotsky (1988), para que essa interação aconteça, é preciso que o professor:

- a) observe o que incentiva e/ou estimula o aluno à aprendizagem;
- b) compreenda que cada conhecimento adquirido pelo aluno pode servir de base para a aquisição do próximo conhecimento;
- c) leve em conta a fase do desenvolvimento cognitivo da criança e a partir dessa determinação selecione os conteúdos que podem ser trabalhados em sala de aula;
- d) incentive a criança à interação social para que ela possa aprimorar o seu desenvolvimento cognitivo;
- e) incentive o uso da linguagem, pois é uma maneira de favorecer o desenvolvimento cognitivo da criança.

Diante do exposto, verificamos que o desenvolvimento das funções mentais superiores passa, necessariamente, por uma fase externa, visto que se originam em relações entre seres humanos (VYGOTSKY, 1988). Portanto, no desenvolvimento cognitivo de uma criança, toda função aparece duas vezes - primeiro em nível social e, depois, em nível individual. Em

outras palavras, podemos dizer que primeiro existe entre pessoas (interpessoal, interpsicológica) e depois se dá no interior da própria criança (intrapessoal, intrapsicológica) (VYGOTSKY, 1988).

2.3.1 Psicologia da arte de Vygotsky

A teoria de Vygotsky a respeito da constituição social do psiquismo também abre caminho para uma interessante discussão sobre a influência da arte na mente humana. Para Vygotsky, a arte está intrinsecamente ligada à vida, às relações sociais de determinada época e, ao mesmo tempo, é fruto da ação criativa que se transforma em produto cultural. Como bem retrata o próprio Vygotsky em Psicologia da arte:

A arte está para a vida assim como o vinho para a uva – disse um pensador, e estava coberto de razão, ao indicar assim que a arte recolhe da vida o seu material, mas produz acima desse material algo que ainda não está nas propriedades desse material (VYGOTSKY, 1999, p. 308).

O sistema psicológico é composto por funções psicológicas superiores, aquelas funções mentais que caracterizam o comportamento consciente do homem - atenção voluntária, percepção, memória e pensamento. Essas funções se formam a partir das relações sociais que introduzem a linguagem no sujeito. Tem-se, portanto, que a consciência é formada a partir da ação do homem sobre o mundo e vice-versa, sob a mediação do signo (VYGOTSKY, 1999).

A consciência se forma contando com diferentes ferramentas, a arte é uma delas. Nessa perspectiva, como a arte influencia na consciência humana? Segundo Vygotsky, a apropriação dos objetos culturais viabiliza a formação de funções superiores, cuja transformação dos neurônios - vínculos que ligam uma função superior a outra, organizados a partir do desenvolvimento dos significados das palavras - produz alterações na consciência (VYGOTSKY, 1999 apud BARROCO; SUPERTI, 2014).

A arte reproduz características humanas no indivíduo, essa reprodução ocorre psiquicamente com a transformação das funções mentais primitivas (orgânicas, involuntárias) em funções superiores. Para Vygotsky, a arte suscita emoções contraditórias e é justamente a superação dessa contradição que provoca um salto qualitativo, uma nova organização psíquica. Essa ampliação qualitativa torna as emoções mais complexas, transformando-as em sentimento, alterando assim a estrutura da consciência, esse processo de superação é chamado de catarse (VYGOTSKY, 1999 apud BARROCO; SUPERTI, 2014).

Segundo Vygotsky, a obra de arte (música, poesia, pintura etc.) é composta de conteúdo e forma. O conteúdo é a realidade imediata, a vivência que serve de base para a elaboração artística, por exemplo, uma mensagem de tristeza, de alegria, de medo. A forma, por sua vez, refere-se ao arranjo do conteúdo, transformando a obra numa realidade não imediata. Dessa maneira, o conteúdo e a forma se contradizem e o movimento dessa contradição caracteriza a transformação, a elevação das emoções ao nível consciente, social e universal (VYGOTSKY, 1999 apud BARROCO; SUPERTI, 2014).

2.4 Ciência e arte

A ciência, em sua busca de explicações sobre o universo cosmológico, se apresenta contígua à arte intrínseca na cultura da humanidade. Ciência e arte, ambas nutridas pela curiosidade humana, agem sobre o mundo com olhares diversos (MOREIRA; MASSARANI, 2006).

Se, desde os gregos, o homem faz ciência é para, em última análise, compreender o mundo em que vive e compreender-se a si como habitante desse mundo. É também por essa razão que o homem faz filosofia, faz religião, faz literatura, faz arte. Ora, o que está em causa é, em todos os casos, a sua relação com um mesmo e único mundo. Um mundo que é um sistema coerente: as partes que o compõem não estão isoladas umas das outras; para as disciplinas particulares e para as especialidades, a própria ideia de mundo deixa de ser útil (POMBO, 1994 apud FERREIRA, 2008, p.27).

Historicamente, na proximidade entre arte e ciência, destaca-se a obra de Leonardo da Vinci (século XVI) por representar o paradigma do homem renascentista, transversal nos seus conhecimentos. Leonardo integrava ciência e arte de tal forma que uma não seria corretamente entendida sem a outra. Os pintores da Idade Média recorriam a livros tradicionais para representar plantas e animais, já Leonardo fazia esboços prévios, tornando evidente a relação das ciências naturais com seus desenhos (FERREIRA, 2008).

Em Leonardo, considera-se a mesma finalidade para a arte e a ciência: o conhecimento da natureza. O seu registro mais divulgado é o “Homem de Vitruvius”, o qual reproduz a figura humana, demonstrando que “um homem com as pernas e os braços abertos caberiam perfeitamente dentro de um quadrado e de um círculo, figuras geométricas perfeitas” (ZOLLNER, 2006 apud CACHAPUZ, 2014, p. 99).

O historiador da ciência Arthur Miller traça um paralelo entre a vida e a obra de Einstein e Picasso, ambos produziram seus trabalhos mais importantes no mesmo período: Einstein formulou a Teoria da Relatividade Especial em 1905 e Picasso pintou "Les

Demoiselles D'Avignon" em 1907. Miller discute as relações entre essas obras, enfatizando que excedem a coincidência temporal. Outro ícone da arte mundial, o pintor Salvador Dalí, conhecido pelo seu trabalho surrealista, também desenvolveu a relação entre ciência e arte com maestria em seu ofício. A jornalista Mônica López Ferrado estuda o interesse do excêntrico de Dalí pela ciência e por temas como a bomba atômica e a elucidação da estrutura do DNA (MOREIRA; MASSARANI, 2006).

O pesquisador João Zanetic do Instituto de Física da Universidade de São Paulo também examina a aproximação entre ciência e arte. Zanetic discute a influência que a transição da visão de mundo pela física clássica para aquela que nasce com a física contemporânea tem sobre os escritos literários. Para isso, toma como exemplos os escritores Edgar Allan Poe, Gustave Flaubert, Emile Zola, Augusto Zaluar, Fiódor Dostoiévski e William Faulkner (ZANETIC, 2006).

Ainda no campo da literatura, Zanetic publicou um artigo sobre a física na cultura escolar e no contexto social (ZANETIC, 2005). Em outro artigo, verificou a possibilidade de se utilizarem letras de música e textos literários no ensino de física (ZANETIC, 2006). O físico e divulgador da ciência Ildeu de Castro Moreira pesquisou poemas de poetas brasileiros como forma de enriquecer atividades interdisciplinares em aulas de ciências:

Ciência e poesia pertencem à mesma busca imaginativa humana, embora ligadas a domínios diferentes de conhecimento e valor [...] Na origem desses dois movimentos, as incertezas de uma realidade complexa que demanda várias faces que podem transformar-se em versos, em *gedankens* ou ser representados por formas matemáticas (MOREIRA, 2002, p. 17).

A partir de pesquisas feitas por Ildeu de Castro Moreira e Luisa Massarani, pode-se traçar, nesta escrita, um panorama geral das relações entre ciência e arte. Segundo Moreira e Massarani, o historiador Samuel Edgerton explora outro campo interessante: como a ciência se tem beneficiado com a arte. Edgerton afirma que sem a percepção artística da perspectiva, Galileu provavelmente não teria feito a descrição da superfície da Lua em 1609 – quando a observava com o recém-inventado telescópio – descrição que ocasionou impacto tão grandioso na visão cosmológica (MOREIRA; MASSARANI, 2006).

Bernardo Jefferson de Oliveira, pesquisador atuante principalmente nos temas história da educação, imaginário científico, história da ciência e paradigmas e ciência moderna, explora vínculos entre ciência e cinema. Oliveira reconhece o uso de filmes como parte do material didático para educação científica e, principalmente, como meio de expressão e veículo formador do imaginário social acerca da ciência. Já Craig Cormick, comunicador e

autor científico australiano, parte da constatação de que filmes se apresentam como uma das principais fontes de informações sobre ciência, tais como a clonagem humana, por exemplo. Cormick analisa como o assunto é abordado na grande tela, buscando identificar as principais mensagens transmitidas ao grande público (MOREIRA; MASSARANI, 2006).

As canções foram sempre um referencial importante sobre a cultura de sua época e as visões, representações e atitudes do homem diante do mundo, da vida e da sociedade. A ciência e as visões sobre ela e seus impactos permeiam a cultura popular e encontram expressão por meio da escrita de poetas e compositores. O próprio Ildeu de Castro Moreira e Luisa Massarani identificam diversos compositores da Música Popular Brasileira que se inspiraram na ciência e na tecnologia para escrever suas letras. Uma canção na qual o espaço sideral surge como inspiração inicial e que se volta para a descrição da natureza e suas maravilhas, exemplificada aqui pelo trecho relativo ao poraquê, foi composta por Ivanildo Vilanova e Xangai (“Natureza”, LP “Mutirão da vida”, 1984):

É o céu uma abóbada aureolada/ Rodeada de gases venenosos/ Radiantes planetas luminosos/ Gravidade na cósmica camada/ Galáxia também hidrogenada/ Como é lindo o espaço azul-turquesa/ E o sol fulgurante tocha acesa/ Flamejando sem pausa e sem escala/ Quem de nós pensaria apagá-la/ Só o santo doutor da natureza/ O poraquê ou peixe-elétrico é um tipo genuíno/ Habitante dos rios e águas pretas/ Com ele possui certas plaquetas/ Que o dotam de um mecanismo fino/ Com tal cartilagem esse ladino/ Faz contato com muita leveza/ Quem tocá-lo padece de surpresa/ Descarga mortífera absoluta/ Sua autovoltagem eletrocuta/ Com os fios da santa natureza (Compositores: Ivanildo Vilanova e Xangai, 1984).

Outro exemplo da imersão da ciência na cultura é o samba emblemático “Ciência e arte”, de Cartola e Carlos Cachça, composto em 1948 para a Mangueira. Destaca a obra do artista Pedro Américo e do físico Cesar Lattes, que, na época, ganhou as páginas de jornais e revistas devido à sua participação decisiva na descoberta do *méson pi*:

Tu és meu Brasil em toda parte/ Quer na ciência ou na arte/ Portentoso e altaneiro/ Os homens que escreveram tua história/ Conquistaram tuas glórias/ Epopeias triunfais/ Quero neste pobre enredo/ Reviver glorificando os homens teus/ Levá-los ao Panteon dos grandes imortais/ Pois merecem muito mais/ Não querendo levá-los ao cume da altura/ Cientistas tu tens e tens cultura/ E neste rude poema destes pobres vates/ Há sábios como Pedro Américo e Cesar Lattes (Compositores: Cartola e Carlos Cachça, 1948).

Ao verificar a imersão da ciência na cultura, vale salientar que, enquanto ocorria o processo que se denominou de revolução científica nos séculos XVI-XVII, também surgia uma profunda transformação na música, originada da transformação da prática artística. Houve intensas conexões entre ciência e música naquele período em que emergia uma visão

nova sobre a natureza e o homem (MOREIRA; MASSARANI, 2006). Essa conexão, embora talvez um pouco dissipada nos dias atuais, ainda existe, vale a pena resgatá-la em prol da formação global do ser humano enquanto ser histórico.

Em relação à ciência no âmbito do teatro, destaca-se o projeto “Arte e ciência no palco” criado por Carlos Palma e Adriana Carui em 1998. A companhia encena peças sobre temas ligados à ciência, trazendo, ao palco, ideias de grandes pensadores que formularam questões que ajudaram a construir uma estrutura científico-filosófica de muita beleza e ousadia – começou com Einstein, passou por Niels Bohr, Heisenberg, Darwin, Lavoisier, Richard Feynman, Alan Turing, Marie Curie, Rosalind Franklin, Berta Lutz, Hipácia de Alexandria; passando por Mario Schenberg, Galileu e Newton (PALMA, 2006).

Na área de ensino de Física, é crescente o número de estudos que tem como foco a importância da utilização de textos alternativos nas salas de aula e também em outros espaços (DE SOUZA; NEVES, 2006). Nesse sentido, destacam-se os livros paradidáticos, tendo como principal característica a busca pela atenção do leitor, atraí-lo para os assuntos científicos e, no caso do ensino de Ciências, busca-se proporcionar uma nova visão, atraente e próxima do cotidiano do aluno (BENJAMIN, 2000 apud DE SOUZA; NEVES, 2006). Diante das atuais discussões sobre a ampliação cultural da população no entendimento do campo científico (DE SOUZA; NEVES, 2006), tem-se ainda um melhor aproveitamento do material trabalhado ao fomentar discussões sobre os textos propostos junto aos alunos (ZANETIC, 1997).

Os livros paradidáticos são uma alternativa, conceitual e qualitativa, estimulando a curiosidade e a observação, levando ao questionamento, à reflexão, propiciando o prazer pela leitura e criando oportunidades para que os estudantes possam presumir respostas às suas questões, além do espaço escolar (ZANETIC, 1997). A leitura, como uma atividade de estudo, não deve ser considerada como um “passatempo”, mas como uma oportunidade dos leitores investigarem as lacunas possivelmente presentes na construção do seu conhecimento. Dessa maneira, os livros paradidáticos tem um importante papel no processo de aprendizagem, cabendo ao professor oferecer oportunidades para que o aluno desenvolva habilidades de leitura crítica e seletiva, extraindo informações sob uma perspectiva de formação científica com reflexos no seu desempenho como cidadão (DE LIMA, 2015).

“Alice no País do Quantum: a Física Quântica ao alcance de todos” é um interessante exemplo de um conteúdo científico integrado à arte que, nesse caso, se expressa por meio da literatura. O livro é precisamente o que diz subtítulo do original em inglês: “Uma alegoria da Física Quântica”. Inspirando-se na obra de Lewis Carroll, Alice no País das Maravilhas, o País do Quantum é uma alegoria do mundo quântico. O autor Robert Gilmore, professor de

física na Universidade de Bristol, na Inglaterra, tenta introduzir o leitor aos conceitos básicos da Mecânica Quântica e da Física das Partículas por meio de uma linguagem híbrida, combinando romance com textos expositivos. Gilmore começa com os conceitos básicos da mecânica quântica, seu caráter probabilístico, a dualidade onda-partícula, a quantização da energia; e da física moderna em geral, elementos sobre ondas, sobre relatividade e mesmo sobre a mecânica clássica, fala das diferentes interpretações da teoria quântica, detendo-se sobre a interpretação mais aceita (a Interpretação de Copenhague), explora os fundamentos da física nuclear e da física das partículas, e termina com uma discussão sobre o paradoxo EPR (de Einstein, Podolsky e Rosen), um dos mais importantes da teoria quântica (DE SOUZA; NEVES, 2006; GILMORE, 1998).

Depois do sucesso de Alice no País do Quantum, um campeão internacional de vendas, Robert Gilmore apostou na escrita de “O mágico dos quarks”, livro que utiliza os populares personagens de O Mágico de Oz - Dorothy, o Espantalho, o Homem de Lata, o Leão e terríveis feiticeiras - para explicar o mundo das partículas subatômicas. Dentro da modalidade de ficção didática, seja descrevendo a constante de Planck, a superposição, o tunelamento ou os quarks e os léptons, a literatura de Robert Gilmore torna compreensíveis e divertidos os conceitos que sustentam os fundamentos da física moderna (CIÊNCIA NA MÃO, 2018).

Os avanços da ciência moderna tiveram implicações nas expressões culturais por meio de músicas, séries, filmes, peças teatrais, poesias que atribuem valor semântico a esses fatores. Assuntos interessantes como céu, estrelas, planetas, universo, entre outros, geralmente já fazem parte da formação cultural dos alunos. Todavia, a relação entre ciência e arte não costuma ser discutida em sala de aula, pois os conteúdos normalmente são apresentados aos discentes de forma fragmentada e descontextualizada. Aproveitar conhecimentos prévios do aprendiz, vivenciados pela sua cultura, pode ser um interessante ponto de partida na construção do conhecimento científico.

A proximidade entre ciência e arte pode ser uma importante aliada para promover uma contextualização na sala de aula. Segundo Hazen, na contextualização de conteúdos de ciências, é possível utilizar a arte como ferramenta de auxílio para despertar o interesse do aluno e viabilizar sua reflexão sobre o tema proposto (HAZEN, 2006). A utilização de músicas, poesias e diversas expressões artísticas pode tornar o processo de aprendizagem ainda mais atrativo, além de auxiliar na capacidade criativa do aluno.

A contextualização na sala de aula torna-se ainda mais necessária frente ao desinteresse estudantil pelo conhecimento proposto nas escolas. Entende-se a necessidade de não apenas apontar o problema diagnosticado, mas intervir de modo a atrair os alunos, mostrando o

verdadeiro valor do conhecimento (MENDES, 2011). Contudo, vale ressaltar que as artes não têm por função primordial explicar ou ajudar as ciências, nem esta tem por vocação elucidar as primeiras. A arte pode ser instrumental para a ciência, mas não como muleta pedagógica: pode deixar claro seu conteúdo humano e contribuir para a construção de sua dimensão crítica. Há uma relação interdisciplinar entre ciência e arte, ambas fazem parte da cultura da humanidade, convém construir essa proximidade junto com o aluno, a fim de que o todo seja compreendido.

Nessa perspectiva, é importante destacar que muitos conhecimentos nas ciências da natureza tiveram grandes avanços ao longo do século XX, o que tem levado a necessidade de devidas atualizações no Ensino Básico. Nesse período da história, a física, a cosmologia e a química se uniram em pesquisas interdisciplinares que resultaram no avanço da compreensão do processo de formação dos elementos químicos que formam a matéria bariônica do universo.

Ainda sobre o viés da relação entre ciência e arte, é interessante citar o trabalho “Astroquímica do Big Bang à tabela periódica: ciência e arte em abordagem interdisciplinar para o Ensino Médio”. Trata-se de uma intervenção didática interdisciplinar realizada em uma turma de Ensino Médio do Instituto Federal Fluminense *campus* Campos- centro, localizado no interior do Rio de Janeiro (CRUZ, 2017). Na ocasião, por meio de um minicurso baseado na aproximação entre ciência e arte, foram trabalhados conteúdos sobre a evolução química do universo, ressaltando a importância do entendimento da astroquímica na construção do conhecimento humano. Contando com análise de questionários prévios e atividades avaliativas, tais como mapas conceituais e apresentações artísticas dos próprios alunos, podemos verificar resultados satisfatórios nessa importante busca por ferramentas de aproximação entre ciência e arte na sala de aula (CRUZ, 2017).

2.5 Astroquímica nas aulas de Ciências da Natureza?

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a Educação Infantil e Ensino Fundamental, a exploração das vivências, saberes, interesses e curiosidades dos alunos sobre o mundo natural e material são primordiais em sua formação escolar. Em especial, nos últimos anos do Ensino Fundamental, há uma ampliação progressiva da autonomia de ação e de pensamento crítico do aluno, aumentando seu interesse pela vida social e pela busca de uma identidade própria (BRASIL, 2017). Destarte, segundo o BNCC:

essas características possibilitam a eles, em sua formação científica, explorar aspectos mais complexos das relações consigo mesmos, com os outros, com a natureza, com as tecnologias e com o ambiente; ter consciência dos valores éticos e políticos envolvidos nessas relações; e, cada vez mais, atuar socialmente com respeito, responsabilidade, solidariedade, cooperação e repúdio à discriminação. Nesse contexto, é importante motivá-los com desafios cada vez mais abrangentes, o que permite que os questionamentos apresentados a eles, assim como os que eles próprios formulam, sejam mais complexos e contextualizados (BRASIL, 2017, p. 341).

O estudo de Ciências abre caminhos para que as pessoas aprendam a respeito de si mesmas, do mundo material, do universo, da diversidade e dos processos de evolução e manutenção da vida, possibilitando a aplicação dos conhecimentos científicos nas várias esferas da vida humana. “Essas aprendizagens, entre outras, possibilitam que os alunos compreendam, expliquem e intervenham no mundo em que vivem” (BRASIL, 2017, p. 323). Ainda segundo o BNCC, ao terminarem o Ensino Fundamental, pretende-se que os estudantes estejam aptos a

interpretar as modificações físicas e emocionais que acompanham a adolescência e a reconhecer o impacto que elas podem ter na autoestima e na segurança de seu próprio corpo. É também fundamental que tenham condições de assumir o protagonismo na escolha de posicionamentos que representem autocuidado com seu corpo e respeito com o corpo do outro, na perspectiva do cuidado integral à saúde física, mental, sexual e reprodutiva (BRASIL, 2017, p. 325).

Contudo, como o assunto astroquímica pode contribuir para esse entendimento? Por que convém discutir sobre esse viés da ciência nas aulas? A astroquímica é o ramo da ciência que estuda fenômenos químicos que ocorrem no espaço, bem como, a constituição elementar e a evolução química do universo (BAKER et al., 1999). Pode-se perceber diversas oportunidades de inserção da astroquímica ao verificar algumas habilidades descritas no BNCC, tais como:

Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal etc. (...)) Analisar o ciclo evolutivo do Sol (nascimento, vida e morte) baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas de diferentes dimensões e os efeitos desse processo no nosso planeta. (...) Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica (BRASIL, 2017, p. 349).

O último ano do Ensino Fundamental apresenta unidades temáticas como matéria e energia; e Terra e Universo; cujos objetos de conhecimento são, entre outros: a estrutura da matéria; a astronomia e a cultura; e a evolução estelar. Dessa forma, o presente trabalho considera oportuna e potente a inserção do assunto astroquímica no 9º ano do Ensino

Fundamental e também se apropria, dentre outras, de uma competência específica de ciências da natureza, a qual propõe que:

A partir de uma compreensão mais aprofundada da Terra, do Sol e de sua evolução, da nossa galáxia e das ordens de grandeza envolvidas, espera-se que os alunos possam refletir sobre a posição da Terra e da espécie humana no Universo (BRASIL, 2017, p. 327).

No âmbito da compreensão da natureza, as aulas de Ciências trabalham, entre outros conteúdos, o entendimento da matéria sendo constituída de diferentes tipos de átomos, os quais denominam-se elementos químicos e seus isótopos. Para isso, costuma-se iniciar a abordagem da química com o conceito de átomo vinculado à evolução histórica entre os modelos de Dalton, Thompson, Rutherford e Bohr no último ano do Ensino Fundamental (e no primeiro ano do Ensino Médio). Na abordagem do átomo nuclear e seus constituintes principais, é ensinado como diferentes átomos possuem diferentes números de elétrons, prótons e neutrons e, assim, são caracterizados como diferentes elementos químicos e seus isótopos.

Os elementos químicos são identificados pelo número de prótons existentes nos núcleos atômicos, uma importante característica, a qual denomina-se número atômico. Nessa perspectiva, também é ensinado aos alunos como os elementos químicos estão dispostos na tabela periódica e que a matéria bariônica observada na natureza poderia ser entendida a partir da organização desses elementos em estruturas mais complexas (tais como moléculas, compostos iônicos etc.). O entendimento desse processo se daria a partir dos estudos das propriedades desses elementos, suas ligações, interações e reorganizações ocorridas nas reações químicas. Todavia, de onde vieram os elementos químicos presentes na natureza? Como surgiu a matéria apresentada pela tabela periódica? Essas perguntas, geralmente, não são discutidas em sala de aula, já que o contexto educacional atual tem apresentado a natureza de forma fragmentada, onde os processos e fenômenos tornam-se cada vez mais isolados de seu contexto histórico, social e interdisciplinar.

A Aprendizagem de Ciências deve ser desenvolvida com a consciência de que o conhecimento científico é dinâmico e mutável (KUHN, 1998), isso auxilia na construção da visão crítica do aluno. A ciência não deve ser entendida como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados, mas sim como um processo em construção, em contínua transformação. Dessa forma, faz-se necessário um construto de conhecimento que vá ao

encontro das recomendações do BNCC, o qual aponta outra competência específica de Ciências da Natureza considerada pelo presente trabalho:

Que a Aprendizagem de Ciências possibilite ao aluno conhecer, apreciar e cuidar de si, do seu corpo e bem-estar, compreendendo-se na diversidade humana, fazendo-se respeitar e respeitando o outro, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza e às suas tecnologias (BRASIL, 2017, p.322, grifo nosso).

Portanto, trabalhar assuntos referentes à evolução química do universo na sala de aula é, também, uma oportunidade de reflexão sobre a origem humana: de onde viemos? Como surgiu o mundo ao nosso redor? Quem somos nós, humanos, na imensidão do universo? Tais reflexões viabilizam transposições didáticas criativas e potentes no que tange ao cuidado e bem estar do ser humano consigo mesmo e com o outro.

Conforme discorrido, no âmbito escolar, a abordagem científica refere-se apenas à matéria bariônica que é constituída de bárions (prótons e nêutrons) e elétrons por ter, naturalmente, mais sentido prático para vida na Terra. Contudo, sabe-se que a matéria bariônica constitui apenas 4% do universo, enquanto 23% é matéria escura e 73% é energia escura, ambas ainda não compreendidas (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2014). Sendo assim, entende-se que a busca pelo entendimento da matéria bariônica representa o anseio de compreensão de, ao menos, 4% do universo. A humanidade não detém todas as respostas, mas a construção desse (auto) conhecimento pode ajudar a ressignificar muitas realidades nas salas de aula, e isso requer um olhar diferente sobre a educação escolar.

Num recorte do Big Bang à tabela periódica, a astroquímica pode contribuir, e muito, nas aulas de Ciências. E, como aulas de Ciências são dadas por professores de Ciências, ao passo que, embora esse não seja o foco do presente trabalho, notou-se também a importância do professor ter um entendimento, ao menos básico, sobre a formação química do universo. Nesse sentido, vale ressaltar que, no X CONFICT (Congresso Fluminense de Iniciação Científica e Tecnológica), durante a aplicação do minicurso “Ciência e arte: Como seu aluno enxerga o universo?”, foi feito um levantamento de dados por meio de questionários abertos, e estes indicaram certo distanciamento de alunos de Licenciatura em Ciências da Natureza do Instituto Federal Fluminense- IFF *campus* Campos-centro em relação à temática astroquímica. Diante disso, constatou-se a necessidade de uma abordagem interdisciplinar no curso de Licenciatura em Ciências da Natureza – Licenciatura em Biologia, em Física e em Química – oferecido pelo IFF; o que levou a uma exitosa intervenção interdisciplinar numa turma de primeiro período do curso em questão.

Os detalhes da intervenção supracitada podem ser verificados na revista de Educação, Ciência e Matemática, cabendo aqui ressaltar que o trabalho consistiu na inserção do tema astroquímica para promover discussões e relações conceituais durante as aulas da disciplina “formação e estrutura da vida na Terra”, a qual teve seu significado ampliado devido à abordagem interdisciplinar viabilizada pelo assunto astroquímica. Dessa forma, sua ementa foi modificada pelos professores da disciplina, tornando a astroquímica parte do conteúdo programático para as turmas ingressantes no curso de Licenciatura em Ciências da Natureza nos próximos semestres letivos. Mesmo que indiretamente, por se tratar de futuros professores de Ciências, pode-se dizer que esse foi mais um passo para potencializar discussões da temática astroquímica no Ensino Básico (CRUZ, 2018).

2.6 Do Big Bang à tabela periódica- A formação química do universo

Considera-se que o início da astroquímica se deu com a descoberta do radical *OH*- no espaço interestelar no ano de 1963. A partir daí, essa ciência passou a se desenvolver e a se ocupar cada vez mais com questões como a origem, formação, abundância e degradação de moléculas interestelares (BAKER et al., 1999). No âmbito da evolução química do universo, tem-se que o surgimento dos elementos químicos (representados na tabela periódica, conforme Figura 2) aconteceu a partir da origem da grande expansão do Universo - o Big Bang.

Figura 2- Tabela periódica.

Fonte: Disponível em: <<https://www.saberatualizado.com.br>>. Acesso em: 15/04/19.

Há cerca de 15 bilhões de anos, o universo começou a evoluir a partir de uma singularidade, surgindo, posteriormente, estrelas, planetas e galáxias (MORAIS, 2010).

Durante o processo da evolução química do universo, tem-se a formação das partículas subatômicas; essas, por sua vez, se uniram por meio de reações ocasionadas pelo resfriamento e expansão contínua, dando origem a átomos que formam os elementos leves e simples como hidrogênio (H), hélio (He) e também um pouco de lítio (Li). Os elementos químicos hidrogênio e hélio, além de serem os primeiros a surgirem, são os que constituem a maior parte da massa bariônica do universo (MORAIS, 2010). O processo de formação de átomos leves a partir do Big Bang será explicado no subtópico “nucleossíntese primordial”.

A maior parte dos elementos químicos mais pesados que o hidrogênio foram e são formados por meio da fusão que ocorre no núcleo das estrelas, onde dois ou mais átomos se unem para formar um núcleo de massa maior. Essas reações nucleares, chamadas de nucleossíntese estelar (conforme veremos no subtópico 2.6.2), produzem elementos químicos mais pesados como o carbono (C), o oxigênio (O), o silício (Si), o enxofre (S) e o ferro (Fe) (MORAIS, 2010). Em particular, três desses formam mais de 80 % dos átomos da Terra: o oxigênio, que além de abundante na superfície do planeta, também está presente na água, nas rochas e no ar; o ferro, que é o principal elemento químico do núcleo da Terra; e o silício, o qual é encontrado nas areias que cobrem o fundo dos oceanos (MORAIS, 2010).

Cada átomo de oxigênio inspirado, cada átomo de cálcio nos ossos, assim como átomos de ferro e de carbono na musculatura, tiveram uma origem muito específica: apenas o hidrogênio e o hélio (além do deutério e parte do lítio) foram formados no Big Bang, enquanto que os elementos químicos mais pesados foram sintetizados no centro das estrelas (MENDES, 2011). Com a morte de estrelas, o gás enriquecido desses elementos pesados foi lançado ao espaço, juntando-se aos restos de milhares de outras estrelas e formando novas gerações de corpos celestes. O sol, por exemplo, já é uma estrela de terceira geração e, em decorrência disso, a composição química do sistema solar é rica o suficiente para formar a vida como se conhece (MENDES, 2011).

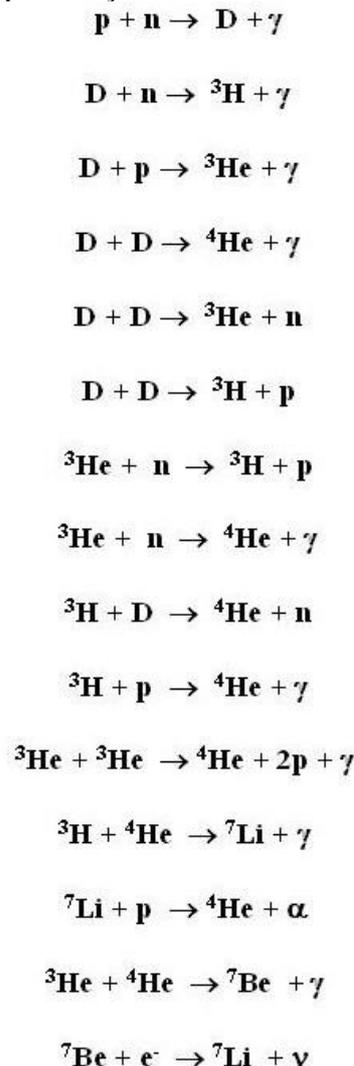
Mesmo sendo uma estrela relativamente pequena (massa de, aproximadamente, 2.10^{30} kg), o Sol consegue sintetizar oxigênio e nitrogênio em significativa quantidade. Atualmente, o elemento predominante nessa estrela é o hidrogênio (70% m/m); com o hélio vindo em seguida (28% m/m); carbono, nitrogênio e oxigênio em terceiro (1,5% m/m); e 0,5% m/m de outros elementos (ferro, níquel e alguns poucos outros elementos mais leves) (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019). Porém, sabemos que o Sol não é grande o suficiente para sintetizar esses elementos englobados no “0,5%”; ou seja, a presença destes nos permite afirmar que o Sol não é uma estrela de primeira geração, mas sim que foi formado em uma região onde existiram estrelas muito massivas e de colapsos violentos (OLIVEIRA, 2019). Quanto ao

surgimento da Terra, compreendemos que isso se deu por volta de 4,6 bilhões de anos atrás; já a vida, não se sabe ao certo como surgiu, mas todos os elementos químicos que a propiciaram foram formados pelas reações nucleares ou pelos processos de "morte" das estrelas. Desta forma, entendemos que o ser humano pode se considerar “poeira estelar” (MORAIS, 2010).

2.6.1 Nucleossíntese primordial

Nas fases iniciais do surgimento do universo, ocasião em que havia essencialmente partículas elementares e radiação, sabemos que as temperaturas eram maiores ou da ordem de $T \sim 10^{12}$ K e o tempo menor ou da ordem de $t \sim 10^{-4}$ segundos (MACIEL, 2004). Com a expansão, a temperatura diminuiu para valores abaixo de $T \sim 10^{10}$ K, iniciando-se a nucleossíntese primordial propriamente dita em $t \sim 100$ segundos, com $T \sim 10^9$ K (MACIEL, 2004). As principais reações nucleares dessa etapa estão representadas na Figura 3.

Figura 3- Principais reações nucleares da nucleossíntese primordial.



Fonte: Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br>>. Acesso em: 15/06/19.

Conforme podemos verificar na Figura 3, primeiramente, tivemos o próton (p), já considerado como núcleo de hidrogênio, reagindo com o nêutron (n), sintetizando, assim, o isótopo mais simples do hidrogênio, o deutério (D) - o qual também pode ser representado por ^2H . Na sequência de reações, obtivemos o trítio (^3H), que é outro isótopo do hidrogênio; bem como o ^3He , isótopo mais simples do hélio e, por fim, o próprio hélio (^4He) e o lítio (^7Li); ou seja, obtivemos os elementos leves e seus principais isótopos (MACIEL, 2004). Dessa maneira, entendemos que o núcleo do deutério (D) é produzido por meio de colisões entre prótons e nêutrons, já o ^3He é formado a partir da captura de um próton pelo deutério, ou por meio de colisões envolvendo dois núcleos de deutério, os quais também podem dar origem ao trítio. O núcleo de ^4He , por sua vez, é formado basicamente pela captura de um deutério pelo trítio, ou pela colisão de dois núcleos de ^3He (MACIEL, 2004).

Ainda na Figura 3, notamos que o processo de síntese se interrompe com o ^7Li . Isso ocorre porque, com a expansão do universo, a densidade e a temperatura decresceram rapidamente, não sendo suficientes para novas reações envolvendo núcleos mais pesados após $t \sim 1000$ segundos (MACIEL, 2004). Os demais elementos químicos representados na tabela periódica precisariam de condições mais favoráveis para serem formados; tais condições são encontradas no interior de estrelas, conforme veremos a seguir (MENDES, 2011).

2.6.2 Nucleossíntese estelar

O interior de uma estrela maciça é repleto de fusões nucleares de vários elementos químicos diferentes: o hidrogênio, durante a sequência principal, depois o hélio, o carbono, o neônio, o oxigênio, o silício etc., gerando uma quantidade enorme de energia (MENDES, 2011). Essas fusões podem ser encaradas como o combustível necessário para que a estrela continue “vivendo”, ao passo que ela - a estrela - mantém um difícil equilíbrio entre a gravidade, que tenta contraí-la, e a pressão do plasma aquecido a elevadas temperaturas pelas reações de fusão, que tenta dispersá-la (PRADO; IRMELI, 2006).

Cada vez que um combustível nuclear torna-se insuficiente, o núcleo da estrela se contrai, a temperatura aumenta até que, eventualmente, se inicia a fusão do combustível seguinte (MENDES, 2011; PRADO; IRMELI, 2006); todavia, ressaltamos que a fusão dos sucessivos combustíveis nucleares dura cada vez menos tempo (OLIVEIRA, 2019). Dessa forma, entendemos que a fusão de elementos mais complexos requer temperaturas mais elevadas, o que explica, em parte, o aumento da velocidade das reações nucleares e,

consequentemente, a diminuição do tempo de queima (OLIVEIRA, 2019).

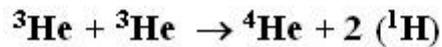
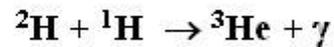
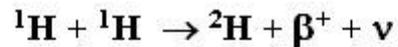
Nas camadas externas, a estrela passa vários milhões de anos realizando a sequência principal, ou seja, transformando hidrogênio em hélio; já na zona central do núcleo da estrela, a fusão do silício se dá em torno de um dia, conforme Tabela 1 (OLIVEIRA, 2019). Todos esses processos de fusão são denominados nucleossíntese estelar, sendo que as espécies de elementos formados variam de acordo com cada tipo de estrela (PRADO; IRMELI, 2006). É interessante destacar também que, durante os processos de fusão, estão sendo formados diversos elementos (não muito pesados) junto à fusão do hidrogênio ou hélio, independentemente do estágio em que a estrela se encontra. A questão é que esses elementos mais pesados não são produzidos em larga escala, sendo apenas diminutos (“resultados colaterais”) (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019). De qualquer forma, em estrelas no mínimo um pouco maiores do que o Sol (>1,3 vezes), a formação de carbono, nitrogênio e oxigênio chega até a contribuir para boa parte da energia gerada em estágios intermediários (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019).

De maneira geral, podemos subdividir a nucleossíntese estelar em duas fases: nucleossíntese quiescente (caracterizada pelas reações nucleares que ocorrem durante a vida de todas as estrelas); e nucleossíntese explosiva (que ocorre nos estágios finais de estrelas de grande massa, as chamadas “explosões de supernovas”) (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019). A nucleossíntese quiescente corresponde a uma queima nuclear hidrostática; isto é, ocorre enquanto a estrela está em equilíbrio hidrostático: o peso das camadas superiores é equilibrado pela pressão do gás nas camadas inferiores, onde acontecem as reações nucleares (MACIEL, 2004; PRADO; IRMELI, 2006). Nessa fase, com duração de vários bilhões de anos para estrelas com massas próximas à do Sol, as dimensões e a temperatura superficial das estrelas praticamente não se alteram. Estrelas mais massivas - com massas superiores a, aproximadamente, dez vezes a massa do Sol - tem seu combustível nuclear consumido muito mais rapidamente e, consequentemente, duram menos do que as de menor massa (MACIEL, 2004; PRADO; IRMELI, 2006).

A reação mais simples da nucleossíntese quiescente é a queima de hidrogênio (^1H) com a formação de hélio (^4He), que pode ocorrer por meio da cadeia próton-próton (Figura 4) ou do ciclo CNO (Figura 5). A cadeia próton-próton é estabelecida em estrelas com temperaturas centrais suficientemente altas (da ordem de 10^7 K) para que a energia cinética dos prótons possa ultrapassar a barreira coulombiana de potencial repulsivo que existe entre eles (MACIEL, 2004). Gerando energia, pósitrons e neutrinos, a cadeia próton-próton é o processo

padrão em estrelas de baixa massa e está ocorrendo no Sol há cerca de 4 bilhões de anos, sendo, em última análise, responsável pela luminosidade solar (MACIEL, 2004).

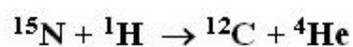
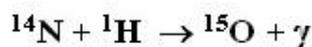
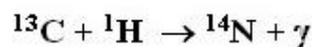
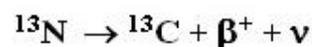
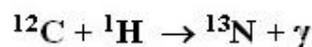
Figura 4- Formação de ${}^4\text{He}$ por meio de reações da cadeia próton-próton ocorridas na nucleossíntese quiescente.



Fonte: Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br>>. Acesso em: 15/06/19.

Estrelas mais massivas, com núcleos mais quentes, onde a temperatura alcança valores superiores a $2 \cdot 10^7$ K, transformam ${}^1\text{H}$ em ${}^4\text{He}$ por meio do ciclo CNO (Figura 5), desde que haja disponibilidade de carbono (${}^{12}\text{C}$) no seu interior (MACIEL, 2004). Naturalmente, como se trata de um processo caracterizado pelo início da atividade estelar (formação abundante de ${}^4\text{He}$), o carbono que participa do ciclo CNO não foi produzido na própria estrela, mas, já fazia parte de alguma nuvem interestelar que deu origem a ela; ou seja, o ciclo CNO só pode ocorrer após algumas gerações de estrelas massivas terem sido formadas e completado seu ciclo de vida. Elementos como nitrogênio (${}^{14}\text{N}$) e oxigênio (${}^{16}\text{O}$) também podem ser produzidos nesse processo (MACIEL, 2004).

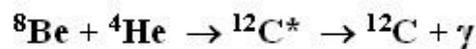
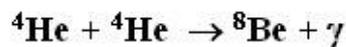
Figura 5- Formação de ${}^4\text{He}$ por meio de reações do ciclo CNO ocorridas na nucleossíntese quiescente.



Fonte: Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br>>. Acesso em: 15/06/19.

O processo de queima de ^1H (Figura 5) ocorre até que esse combustível se torne insuficiente na região central quente, levando a um colapso desta região, incapaz de suportar o peso das camadas superiores (MACIEL, 2004). Dessa forma, depois de consumir praticamente todo hidrogênio, o núcleo estelar se colapsa até que se alcançam as temperaturas necessárias para iniciar a fusão do hélio (MACIEL, 2004). Com esse novo aquecimento (temperaturas acima de 10^8 K), o próprio ^4He se funde em ^{12}C , no processo conhecido como triplo *alfa*, por envolver 3 núcleos de hélio, ou seja, 3 partículas *alfa* (Figura 6) (MACIEL, 2004).

Figura 6- Processo triplo *alfa*.



Fonte: Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br>>. Acesso em: 15/06/19.

O processo triplo *alfa* só ocorre a velocidades elevadas, a temperaturas acima de 100 milhões de kelvin e em núcleos estelares com uma grande abundância de hélio. Portanto, trata-se de um processo que só é possível em estrelas mais velhas, onde o hélio produzido pela cadeia próton-próton e pelo ciclo CNO esteja acumulado no núcleo estelar (MACIEL, 2004).

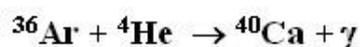
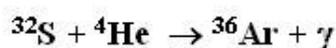
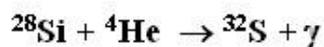
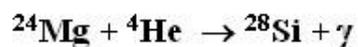
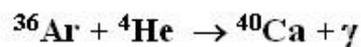
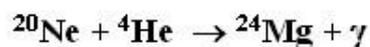
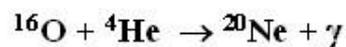
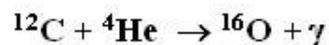
O berílio (^8Be) produzido durante a primeira etapa (Figura 6) é muito instável e decai outra vez em dois núcleos de hélio (isso acontece em, aproximadamente, $2,6 \cdot 10^{-16}$ segundos) (MACIEL, 2004). Contudo, nas condições em que se funde o hélio, sempre há pequenas quantidades de ^8Be presentes em equilíbrio; sendo assim, a captura de outro átomo de hélio pelo ^8Be sintetiza o ^{12}C (MACIEL, 2004). A energia liberada nesse processo tem valores altíssimos, em torno de 7,275 MeV! (MACIEL, 2004). Além disso, como é um processo de baixa probabilidade (devido à escassa quantidade de ^8Be presente em um momento dado), é necessário um longo tempo para formar o carbono (MACIEL, 2004). Aproveitamos para frisar aqui que essa necessidade de “espera paciente” é um importante motivo para a não produção de carbono durante o Big Bang, já que, no tempo equivalente ao “aguardo de uma quantidade significativa de ^8Be ”, a temperatura do universo (em expansão) diminuiu em níveis inferiores aos requeridos para a ocorrência dessa reação (MACIEL, 2004).

Ao longo do tempo, as camadas externas da estrela se expandem e resfriam, e ela se torna uma gigante vermelha (PRADO; IRMELI, 2006). Dependendo de sua massa, as estrelas podem desenvolver regiões com múltiplas camadas em que há reações nucleares. Por exemplo: a queima de ^4He em ^{12}C no núcleo e a queima simultânea de ^1H em ^4He em uma

camada adjacente ao núcleo e um pouco mais fria do que este (MACIEL, 2004). Parte do carbono formado pode também se converter em ^{16}O , se a temperatura central for suficientemente alta (MACIEL, 2004; PRADO; IRMELI, 2006). Estrelas com massas semelhantes à do Sol (ou maiores, até um limite da ordem de 8 massas solares), geralmente não conseguem ir além deste estágio, isto é, não podem formar outros elementos químicos mais pesados, a não ser que façam parte de sistemas binários, onde duas estrelas giram muito próximas uma da outra (MACIEL, 2004). Nesse caso, o processo pode acontecer com estrelas menos massivas, pois parte da massa de uma das estrelas é transferida para a outra (geralmente uma estrela colapsada), formando, assim, um disco de acréscimo, onde a matéria é precipitada violentamente, causando uma posterior explosão do objeto colapsado (MACIEL, 2004).

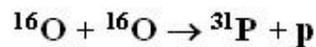
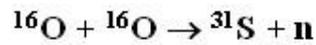
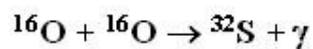
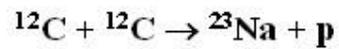
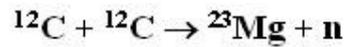
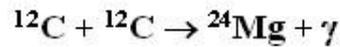
Voltando à situação de estrelas isoladas, temos que, acima do limite de, aproximadamente, oito massas solares (o valor exato depende da composição química da estrela), as temperaturas centrais atingem valores acima de 10^9 K e, em seus estágios finais de evolução, essas estrelas possibilitam a formação dos elementos mais pesados ^{16}O , ^{20}Ne , ^{24}Mg , ^{28}Si , ^{32}S , ^{36}Ar , ^{40}Ca e alguns de seus isótopos (MACIEL, 2004; PRADO; IRMELI, 2006). Esses elementos são chamados elementos *alfa*, pois sua formação se dá pela captura de um núcleo de ^4He (uma partícula *alfa*) por um núcleo mais leve (MACIEL, 2004). A seguir, alguns exemplos dessas reações na Figura 7.

Figura 7- Reações de formação de elementos mais pesados a partir da captura de ^4He na nucleossíntese estelar de uma gigante vermelha.



Alguns destes elementos podem também ser formados na queima de C e O, como nas reações representadas na Figura 8.

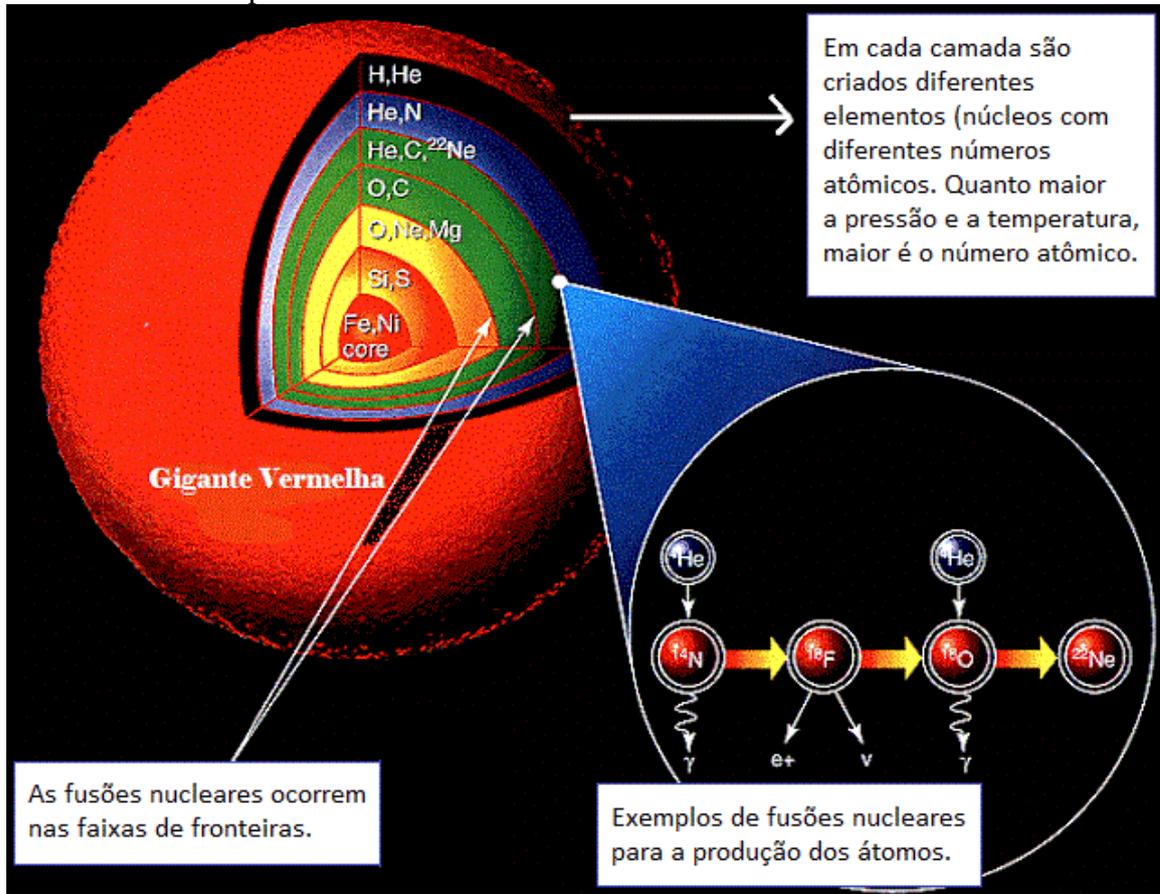
Figura 8- Reações de formação de elementos mais pesados a partir da queima de C e O na nucleossíntese estelar de uma gigante vermelha.



Fonte: Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br>>. Acesso em: 15/06/19.

A maior parte dos elementos químicos é originada em processos que ocorrem no interior estelar, em que a transformação de um elemento em outro é um subproduto da geração de energia nas estrelas (MACIEL, 2004; MENDES, 2011; PRADO; IRMELI, 2006). Disso já sabemos! Entretanto, para uma melhor visualização de como os elementos químicos estão dispostos no interior estelar, apresentamos a Figura 9, em que é possível verificar que as etapas vão se sucedendo até que a estrela adquira uma estrutura semelhante às camadas de uma cebola (OLIVEIRA, 2019).

Figura 9- Representação da estrutura, em camadas, de uma estrela gigante vermelha com aproximadamente vinte massas solares no final da sua vida.



Fonte: Disponível em: <<https://www.saberatualizado.com.br/2015/11/como-sao-formados-os-elementos-quimicos.html>>. Acesso em: 18/07/19.

Obs.: Em geral, a dimensão das camadas diminui rapidamente à medida que se progride para o interior da estrela (OLIVEIRA, 2019). Dessa maneira, a proporção das camadas não está representada de forma realista na Figura 9, visto que, nesse caso, consideramos mais apropriada uma representação fora de escala, a fim de priorizar a didática proposta na imagem. Além disso, consideramos importante ressaltar que podem ser formados nêutrons no processo de sintetização de núcleos como ^{16}O , ^{20}Ne etc.; esse “excesso de nêutrons” será utilizado mais tarde, conforme veremos no subtópico “Processo de capturas de nêutrons” (OLIVEIRA, 2019).

Nas gigantes vermelhas, os elementos cada vez mais pesados requerem altas pressões e temperaturas para serem formados (MACIEL, 2004; PRADO; IRMELI, 2006). Essas condições são necessárias porque fundir elementos bem pesados uns contra os outros é bem difícil, como no caso do ferro e níquel (por isso, estes são encontrados na região onde as pressões são extremas, mais próximos do núcleo, conforme Figura 9), já que são fruto de quase toda a massa da estrela (OLIVEIRA, 2019). Os elementos mais leves, por sua vez, são

encontrados mais próximos da superfície estelar, onde as pressões são menores, como é o caso do nitrogênio e do carbono (OLIVEIRA, 2019).

Com as sequências de reações, a estrela apresenta uma estrutura estratificada em várias camadas, conforme observamos na Figura 9. Essa estratificação resulta da temperatura, densidade e composição do material contido nos vários pontos da estrela e define as reações de fusão que podem ocorrer nas faixas de fronteiras entre uma camada e outra (OLIVEIRA, 2019). Assim, de acordo com a Figura 9, da periferia para o centro da estrela temos: hidrogênio inerte, fusão do hidrogênio em hélio, fusão do hélio em carbono, e assim por diante (OLIVEIRA, 2019). O produto da fusão do silício é o níquel (mais precisamente, um isótopo radioativo, o ^{56}Ni , que depressa decai em ^{56}Co , também radioativo, que finalmente decai em ^{56}Fe , o qual é muito estável) (OLIVEIRA, 2019).

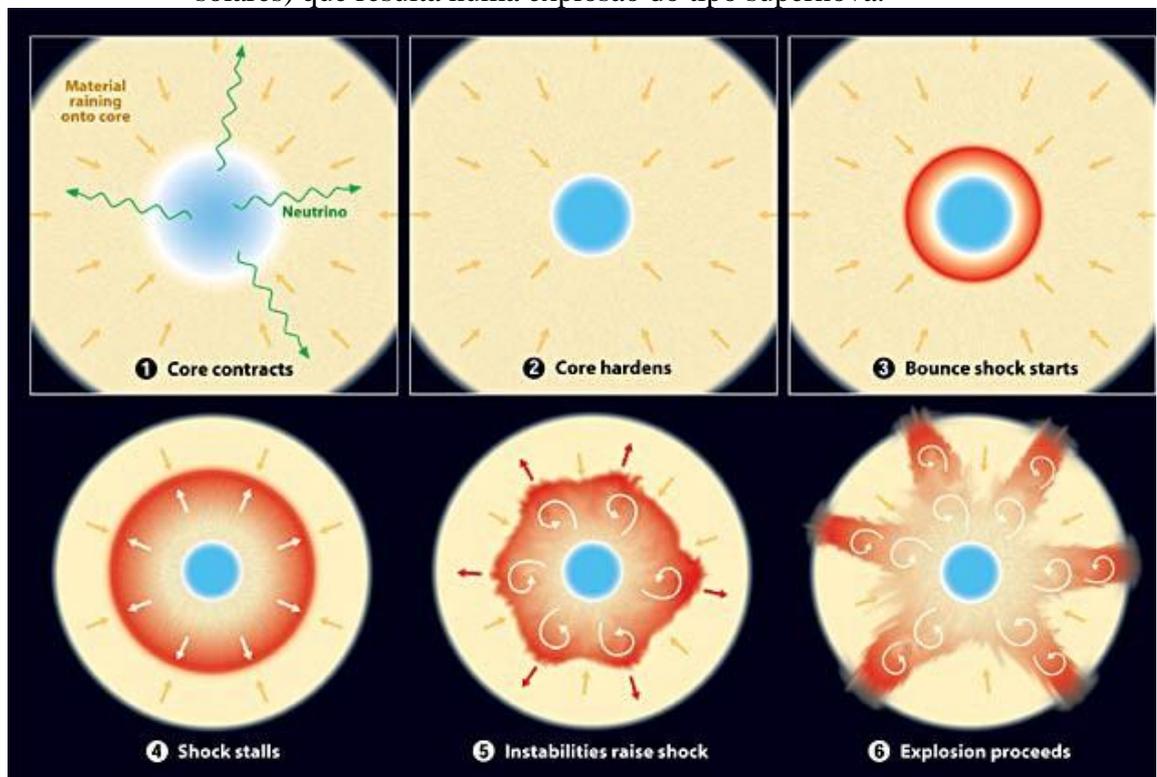
As reações nucleares são eficientes na fusão de elementos até o ^{56}Fe , isto é, incluem ^{44}Sc , ^{48}Ti e ^{52}Cr (mas também ^{58}Fe e um pouco de níquel) (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019; PRADO; IRMELI, 2006). Os elementos do “grupo do ferro” são aqueles mais fortemente ligados, de modo que, acima deste elemento, as reações deixam de ser exotérmicas, interrompendo-se, portanto, a fase quiescente de queima nuclear, conforme veremos adiante (OLIVEIRA, 2019). Quando a fusão do silício termina, a estrela tenta, “desesperadamente”, utilizar esses núcleos para desencadear a próxima sequência de reações nucleares, mas o seu trágico destino já está traçado. Rapidamente, forma-se uma “cinza” de níquel, cobalto e ferro no núcleo da estrela (OLIVEIRA, 2019). De fato, a fusão dos núcleos do grupo do níquel em núcleos mais maciços absorveria energia ao invés de a liberar. Dessa maneira, sem energia suficiente para se sustentar, a zona mais interna do núcleo da estrela começa a contrair-se sobre o seu próprio peso (OLIVEIRA, 2019).

Durante a contração da estrela, em determinado momento, a temperatura e a densidade são tão elevadas que os elétrons livres começam a ser capturados pelos prótons nos núcleos atômicos, formando uma quantidade expressiva de nêutrons, bem como uma primeira grande remessa de neutrinos (esta partícula atravessa rapidamente a estrela, transportando uma imensa quantidade de energia) (OLIVEIRA, 2019). Por outro lado, a intensa radiação gama começa a dissociar os núcleos atômicos, transformando-os em núcleos de hélio (OLIVEIRA, 2019). Ambos processos retiram do núcleo uma parte substancial da energia livre, aumentando ainda mais o seu desequilíbrio energético e acelerando o colapso (OLIVEIRA, 2019). Tudo isso se passa numa fração de segundo, enquanto as camadas mais externas da estrela continuam realizando fusão nuclear, de forma sustentada, e sem “suspeitar” do fim que se aproxima

(OLIVEIRA, 2019). Obs.: Vale dizer que vários elementos mais pesados acabam migrando para camadas mais externas por convecção (OLIVEIRA, 2019).

Conforme representado na Figura 10, uma estrela maciça é contraída e tem os seus últimos momentos de fôlego da seguinte maneira: depois de tanta contração, a estrela sofre um colapso gravitacional, seguido de um crescimento absurdo, e explode como uma supernova, liberando uma segunda remessa de neutrino (gigantesca quantidade de energia), e resultando numa estrela de nêutrons (caso a massa da estrela progenitora tiver cerca de 10 a 20 massas solares), conforme veremos mais adiante (OLIVEIRA, 2019).

Figura 10- Momentos finais de uma estrela maciça (com aproximadamente 20 massas solares) que resulta numa explosão do tipo supernova.



Fonte: Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node12.htm>>. Acesso em: 18/07/19.
(Crédito: Steven Simpson, Sky&Telescope).

Entendemos que a contração de uma estrela massiva desencadeia um colapso gravitacional do núcleo estelar, cujo desfecho normalmente se dá numa explosão do tipo estrela supernova, a qual, dependendo de quão massiva é, pode resultar numa estrela de nêutrons ou na formação de buracos negros (OLIVEIRA, 2019). Entretanto, pesquisando de maneira ainda mais aprofundada, buscamos verificar o que, de fato, ocorre entre o processo de contração de uma estrela massiva e o momento de sua explosão como supernova. Sendo

assim, não necessariamente correspondendo às sequências de imagens descritas na Figura 10, organizamos os parágrafos seguintes em etapas (da letra “a” à letra “e”) para detalhar mais esse processo – lembrando, porém, que, em suma, se trata de um evento extremamente rápido!

a) Contração que colapsa o núcleo da estrela maciça

A falência energética do núcleo central da estrela maciça faz com que esse núcleo se contraia violentamente, formando nêutrons e liberando uma quantidade imensa de energia na forma de uma primeira remessa de neutrinos (lembrando que esses nêutrons e neutrinos estão sendo produzidos devido à contração estelar, através da captura de elétrons pelos prótons) (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019; PRADO; IRMELI, 2006). Podemos pensar no colapso gravitacional como se o núcleo que contém o, até então, elemento mais pesado (ferro) “desmoronasse” cada vez mais para dentro da estrela por causa da contração.

b) O que acontece com o núcleo colapsado

O núcleo colapsado (“desmoronando”) vai ficando cada vez mais compacto. Entretanto, quando o material atinge a densidade de um núcleo atômico, a contração finalmente é interrompida (isso se o núcleo não for demasiado maciço, pois se a estrela for realmente muito massiva a ponto de depois virar um buraco negro, esse valor limite de densidade do núcleo não serve como referência) (OLIVEIRA, 2019). Já considerando que a estrela de que estamos falando é relativamente massiva (tem cerca de 20 massas solares) e que, dessa forma, vai acabar como uma estrela de nêutrons, não como um buraco negro, vamos prosseguir com o raciocínio: Nessas condições (densidade de um núcleo atômico), os nêutrons previamente formados (lembrando que há grande formação de nêutrons no processo de contração estelar), e que constituem agora a maior parte do material no núcleo, exercem uma pressão degenerada (semelhante à pressão degenerada dos elétrons que estabiliza as anãs brancas, mas muito mais intensa) que impede que o material continue sendo comprimido (OLIVEIRA, 2019). Dessa maneira, temos uma espécie de núcleo atômico gigante, com cerca de 20 a 30 quilômetros de diâmetro - uma estrela de nêutrons absurdamente quente (seu núcleo atinge temperaturas na ordem dos 100 mil milhões de Kelvin) (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019; PRADO; IRMELI, 2006). Aqui está o “ponto chave da questão”: a interrupção do colapso gera uma onda de choque, que inicia sua propagação para o exterior! (OLIVEIRA, 2019).

c) Ação da onda de choque

Os inúmeros neutrinos que atravessam a estrela transportam a maior parte da energia que tinha sido liberada durante o colapso (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019; PRADO; IRMELI, 2006). No seu percurso em direção à superfície, os neutrinos depositam uma pequena parte da sua energia nas camadas de plasma adjacentes ao núcleo, energizando a onda de choque que passa pela estrela e que, eventualmente, irá destruí-la (OLIVEIRA, 2019). O movimento da onda de choque comprime fortemente o material que está na camada de silício (que é a camada adjacente ao “núcleo desmoronado”), elevando drasticamente a temperatura dessa região (OLIVEIRA, 2019). Nessas condições, desencadeia-se uma série de reações de fusão designadas por “nucleossíntese explosiva”, em que são formados elementos químicos entre o silício e o níquel (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019) e isso, finalmente, caracteriza a explosão do tipo supernova. Assim sendo, com a contribuição de muitos fatores e, claro, com a fundamental participação dos neutrinos, compreendemos que a onda de choque é a responsável final pela explosão da supernova. Quando essa explosão ocorre, uma segunda remessa de neutrinos (e anti-neutrinos) é formada e lançada em quantidades inimagináveis pelo espaço, liberando grande energia e deixando apenas aquele núcleo estelar que já não podia mais ser comprimido – chamado de estrela de nêutrons (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019).

d) Informações quantitativas

Em termos numéricos, consideramos pertinente fazer as seguintes considerações sobre a explosão de uma supernova: A falência energética do núcleo central da estrela maciça faz com que esse núcleo se contraia violentamente a uma velocidade que atinge cerca de 70 mil km/s (23% da velocidade da luz), emitindo uma quantidade de energia da ordem de 10^{46} joules na forma de neutrinos (OLIVEIRA, 2019). Cerca de um centésimo da energia desses neutrinos é absorvido pelas camadas externas, o que contribui para a explosão da supernova (OLIVEIRA, 2019). A energia gerada nessa explosão é extremamente alta, em torno de 10^{42} a 10^{44} J, sendo suficiente para produzir mais reações nucleares, gerando maiores quantidades de elementos, é essa fase que chamamos de nucleossíntese explosiva (OLIVEIRA, 2019). O material é expelido da estrela com velocidades de até 30.000 km/s, no que ela perde cerca de 90% da sua massa (OLIVEIRA, 2019). O núcleo remanescente se transforma em uma estrela de nêutrons se a massa da estrela progenitora tiver aproximadamente entre 10 a 20 massas solares. Se for maior do que esse limite estimado (>20 massas solares), o núcleo se transforma em um buraco

negro (OLIVEIRA, 2019). Além disso, simulações computacionais mostram que estrelas com massa maior do que 50 massas solares entram em colapso e convertem-se diretamente em buracos negros sem que haja uma explosão tipo supernova (OLIVEIRA, 2019).

e) Curiosidades

É espantoso notar que os neutrinos produzidos através da captura de elétrons pelos prótons e, depois, durante o arrefecimento rápido da recém-formada estrela de nêutrons, transportam cerca de 99% da energia total de uma supernova de colapso gravitacional (OLIVEIRA, 2019). Por outras palavras, a energia da radiação que observamos e a energia necessária para ejetar as camadas exteriores da estrela para o espaço corresponde a apenas 1% do total liberado pela supernova! (OLIVEIRA, 2019). Compreendemos também que a explosão vai ocorrendo enquanto a onda de choque (a qual foi energizada pelo neutrino) vai passando pela estrela. Um dado curioso é que essa onda de choque atinge a superfície em torno de 1 hora depois dos neutrinos formados no colapso terem passado por ela (a superfície) (OLIVEIRA, 2019). Até atingir a superfície, aparentemente, há um *black out*, um “apagão”, na estrela, pois, mesmo com a explosão, não há luz visível durante o energético trajeto da onda de choque (OLIVEIRA, 2019). Quando essa onda de choque finalmente atinge a superfície, aí sim a supernova é visível pela primeira vez como um intenso “*flash*” de luz ultravioleta, seguido do aumento de brilho no visível a que estamos habituados (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019).

2.6.3 Supernovas

Supernovas (SN) são estrelas maciças em explosão após seu último estágio de evolução, expelindo, assim, o material produzido durante sua vida estelar e liberando quantidades enormes de energia em forma de neutrinos (PRADO; IRMELI, 2006). Com a rápida e violenta explosão, surge uma luz extremamente intensa, a qual dura apenas alguns meses (PRADO; IRMELI, 2006). Quando o combustível de uma estrela se esgota (ou seja, quando as fusões no núcleo estelar tornam-se insuficientes), não significa que ela vai explodir como uma supernova, pois nem todas as estrelas se tornam uma supernova. Para esse fenômeno acontecer, é necessário que a estrela tenha uma quantidade de massa cerca de 10 vezes maior do que a massa do sol (HIPERCULTURA, 2018; PRADO; IRMELI, 2006). Da antiguidade, há poucos registros desses objetos celestes, os quais desafiavam a compreensão de seus

observadores. Na Europa dominada pelo aristotelismo, os astrônomos não se atentavam muito a esse evento, pois, segundo Aristóteles, o céu era imutável, do que se deduzia que acontecimentos como supernovas e cometas eram fenômenos atmosféricos (PRADO; IRMELI, 2006).

A luminosidade de uma supernova é gigantesca! Em seu pico, que ocorre poucas semanas após o seu aparecimento, ela pode atingir valores de dez bilhões de sóis, podendo “competir” com a luminosidade de toda a galáxia em que se localiza (HIPERCULTURA, 2018). Uma supernova expelle em torno de 90% da sua massa para o espaço e, séculos depois, essa massa de gás pode ser vista como uma nebulosa em forma esférica ou de anel (HIPERCULTURA, 2018). Exames recentes de restos de SN indicam que ocorre, em média, uma supernova a cada 50 anos na nossa galáxia (Via Láctea); ou seja, a cada 1,5 bilhões de segundos, eis que surge uma supernova por aqui! (HIPERCULTURA, 2018). Considerando que o universo visível tem aproximadamente mil bilhões de galáxias, temos que, a cada segundo, explodem centenas de SN pelo espaço (HIPERCULTURA, 2018). Todavia, mesmo com o atual sistema de monitoramento por meio de poderosos telescópios, a grande maioria delas passa despercebida (PRADO; IRMELI, 2006).

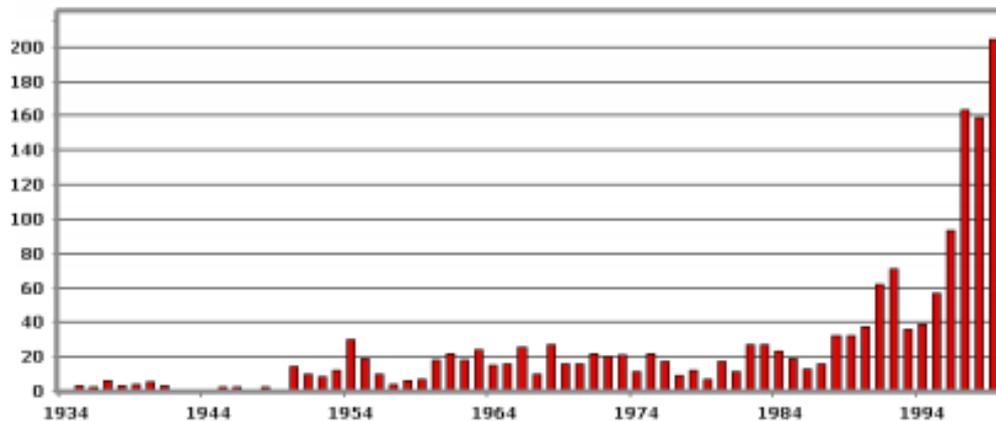
Os primeiros estudos teóricos sobre supernovas foram realizados pelo físico suíço Fritz Zwicky (1898 – 1974). Em 1926, ele assinalou o termo “supernova” e teorizou que esse tipo de estrela era formada por explosões de anãs brancas (HIPERCULTURA, 2018). Junto com seu colega Walter Baade, Zwicky também reconheceu dois tipos de supernovas: Tipo I, cujo espectro de emissão não contém raias de absorção por hidrogênio, e Tipo II, que mostram raias de hidrogênio muito alargadas (HIPERCULTURA, 2018; PRADO; IRMELI, 2006).

Conforme os estudos sobre as supernovas foram avançando, sentiu-se a necessidade de uma classificação mais detalhada. Dessa maneira, atualmente, sabe-se que há três classes de SN Tipo I (Ia, Ib e Ic); bem como pelo menos três classes de SN Tipo II (HIPERCULTURA, 2018). Essa classificação é feita com base no espectro de luz das SN e também na sua curva de luminosidade, ou seja, a maneira como a luminosidade aumenta e, após atingir seu pico, decresce até finalmente tornar-se talvez invisível. Somente as SN tipo Ia são explosões de estrelas anãs brancas. As outras são explosões de estrelas gigantes – com massa maior do que uns 9 sóis – que consomem rapidamente o hidrogênio do seu núcleo, entram em crise energética e explodem sem passar pelo estágio de anãs brancas (HIPERCULTURA, 2018).

As supernovas são catalogadas com a sigla SN seguida do ano de sua observação. Ao longo das varrições espaciais, muitas delas foram detectadas. O Gráfico 1 mostra a evolução

na quantidade de supernovas descobertas ao longo dos anos (entre os anos de 1934 e 1999) (TESES ABERTAS PUC, 2019).

Gráfico 1-Distribuição anual das supernovas descobertas entre 1934 e 1999.



Fonte: Disponível em: <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0711042_09_cap_02.pdf/>. Acesso em: 18/09/19.

O cenário para o colapso gravitacional de uma estrela, previsto pelos teóricos há décadas, foi confirmado numa das descobertas mais importantes da ciência no século XX: No dia 23 de fevereiro de 1987, três detectores de neutrinos (o Kamiokande II no Japão, o IMB nos Estados Unidos e o Baksan na ex-União Soviética) detectaram no total 24 anti-neutrinos durante um intervalo ligeiramente inferior a 13 segundos (HIPERCULTURA, 2018; TESES ABERTAS PUC, 2019). Tratava-se de um fluxo anormal de anti-neutrinos muito energéticos, num curto intervalo de tempo e originários da mesma posição no céu (HIPERCULTURA, 2018). Esses neutrinos eram provenientes do colapso do núcleo de uma supernova, mas não foi feita essa associação naquele momento. No Chile e na Austrália, 3 horas depois, a luz da supernova 1987A, como passaria a ser conhecida, foi detectada em placas fotográficas, as quais só viriam a ser examinadas posteriormente (HIPERCULTURA, 2018). A descoberta oficial se deu já no dia 24 de fevereiro (1987) por Ian Shelton e Oscar Duhalde, a partir do Observatório de Las Campanas, no Chile, e por Albert Jones, na Nova Zelândia (HIPERCULTURA, 2018). Os neutrinos tinham viajado até nós diretamente do núcleo de uma supergigante azul (designada por Sanduleak -69° 202a), desde o momento do seu colapso gravitacional, numa galáxia satélite à Via Láctea denominada Grande Nuvem de Magalhães (HIPERCULTURA, 2018). Até então, essa foi a única supernova estudada através de neutrinos (TESES ABERTAS PUC, 2019). Na Figura 11, podemos observar um pouco do esplendor da SN 1987A na Grande Nuvem de Magalhães.

Figura 11- Supernova 1987A na Grande Nuvem de Magalhães (atingiu a magnitude 3 no seu pico de brilho e foi visível a olho nu).



Fonte: Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node12.htm>>. Acesso em: 18/07/19.
(Crédito: Akira Fujii e David Malin).

Uma vez apresentada a fabulosa SN 1987A, a seguir, uma relação de outras supernovas que também foram muito marcantes:

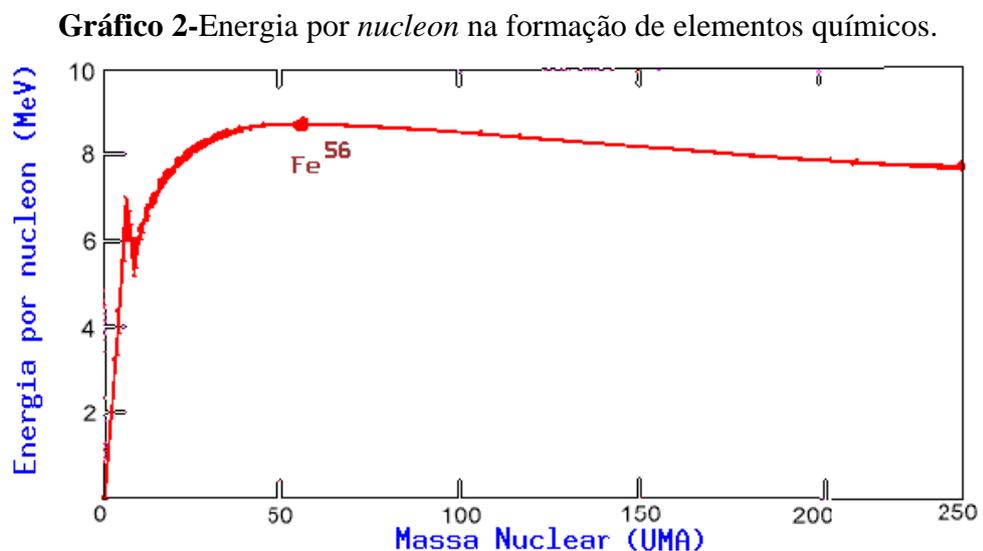
- i) SN 185 – Ocorrida na constelação Centauros na Via Láctea, essa supernova foi a primeira a ser registrada, ela data de 185 d.C.! Por ser de uma época anterior à fotografia, há quem acredite que pode não se tratar de uma supernova e, sim, um cometa (HIPERCULTURA, 2018).
- ii) SN 1006 – Espetacular! Foi o evento cósmico mais brilhante já registrado na história da humanidade, tendo acontecido a 7.200 anos-luz da Terra (HIPERCULTURA, 2018).
- iii) SN 1054 – Registrada por astrônomos chineses, árabes e nativos americanos da época, essa supernova originou a Nebulosa de Caranguejo (HIPERCULTURA, 2018).
- iv) SN 1885A – Também chamada de S Andromedae, pois aconteceu na galáxia de Andrômeda, a SN 1885 A foi a primeira supernova fora da Via Láctea a ser observada pelos astrônomos (HIPERCULTURA, 2018).
- v) SN 2008D – Foi a primeira a ser observada no momento da explosão visível (HIPERCULTURA, 2018).

De maneira geral, uma vez percorrido sobre os processos de nucleossínteses primordial e estelar, bem como explicado sobre a vida e morte de estrelas, consideramos que, de certa forma, essa pesquisa já contemplou os principais conteúdos científicos que nos propomos a desenvolver. Entretanto, depois de tanto conhecimento em construção por meio dos tópicos abordados até aqui, ainda nos resta trabalhar o seguinte questionamento: quanto aos elementos mais pesados do que o ferro e o níquel, em que momento e condições eles são formados?

2.6.4 Processo de captura de nêutrons

Até a formação do ferro, sabemos que todos os elementos químicos vieram de fusões nucleares. Elementos mais pesados, porém, foram e são formados por meio de processos que envolvem a captura de nêutrons (ou, às vezes, prótons). Isso ocorre porque fundir o núcleo de ferro com outros elementos consumiria energia em vez de gerá-la (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019; PRADO; IRMELI, 2006), conforme verificaremos no Gráfico 2.

A seguir, o Gráfico 2 apresenta a relação entre a massa nuclear (eixo x) e a energia por *nucleon* (eixo y). Para uma melhor interpretação, vale dizer que a energia por *nucleon* é a energia nuclear de ligação total dividida pelo número de prótons e nêutrons (número de *nucleons*); ou seja, a energia por *nucleon* é a energia de ligação por partícula nuclear (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019). Ademais, é interessante dizer também que, como o número atômico (Z) muda de elemento para elemento, utiliza-se o número de massa (A), expressa em unidades de massa atômica (UMA), na descrição de reações nucleares, e a energia total depende deste valor numérico (OLIVEIRA, 2019).



Fonte: Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node12.htm>>. Acesso em: 18/07/19.

No Gráfico 2, o aumento da energia de ligação para baixos valores de número de massa nos indica qual o valor de energia será liberado se dois núclídeos de baixa massa se combinarem, formando um único núclídeo de massa intermediária. Este processo é chamado de fusão nuclear (que, conforme já abordado, é o processo pelo qual se formam os elementos químicos até o ferro). Por exemplo, uma bomba de hidrogênio, construída pela primeira vez em 1952, funde deutério e trítio, formando hélio e liberando um nêutron e 17,6 MeV de energia (OLIVEIRA, 2019).

Ainda de acordo com o Gráfico 2, verificamos que o máximo da curva ocorre para o elemento químico ^{56}Fe (compreendendo também o ^{62}Ni e o ^{58}Fe , conforme já explanado). A queda da energia de ligação por núcleon para números de massas maiores que 56 indica que estes núcleons são mais compactados e, por conseguinte, mais instáveis, possibilitando a formação de dois núclídeos de massa intermediária, em vez de um único núclídeo de alta massa. Em outras palavras, energia poderia ser liberada pela fissão nuclear do núclídeo de alta massa em dois núclídeos de massa intermediária (OLIVEIRA, 2019).

A palavra fissão significa uma cisão, quebra, fragmentação ou divisão. Assim, a fissão nuclear corresponde à partição de um núcleo atômico pesado e instável, originando dois núcleos atômicos médios (OLIVEIRA, 2019; PRADO; IRMELI, 2006). Essa divisão do núcleo é feita por meio do bombardeamento de nêutrons que, por não possuírem carga elétrica, conseguem penetrar no núcleo sem serem repelidos (MACIEL, 2004; OLIVEIRA, 2019; PRADO; IRMELI, 2006). O valor da energia total necessária para separar um núcleo em seus prótons e nêutrons é correspondente ao valor da energia nuclear de ligação (que é a energia que o núcleo depende para manter os *nucleons* “reunidos” dentro dele). Para um núcleo com Z prótons e $(A-Z)$ nêutrons, a energia que esse núcleo precisaria receber para ocorrência da fissão pode ser calculada a partir da energia nuclear de ligação (OLIVEIRA, 2019), conforme Equação 1:

$$E_{\text{ligação}} = [Zm_{\text{próton}} + (A-Z)m_{\text{nêutron}} - m_{Z,A}]c^2, \quad (\text{Eq. 1}).$$

Sendo:

$E_{\text{ligação}}$ = Energia nuclear de ligação;

Z = número atômico;

A = número de massa atômica;

$m_{\text{próton}}$ = massa do próton;

$m_{\text{nêutron}}$ = massa do nêutron;

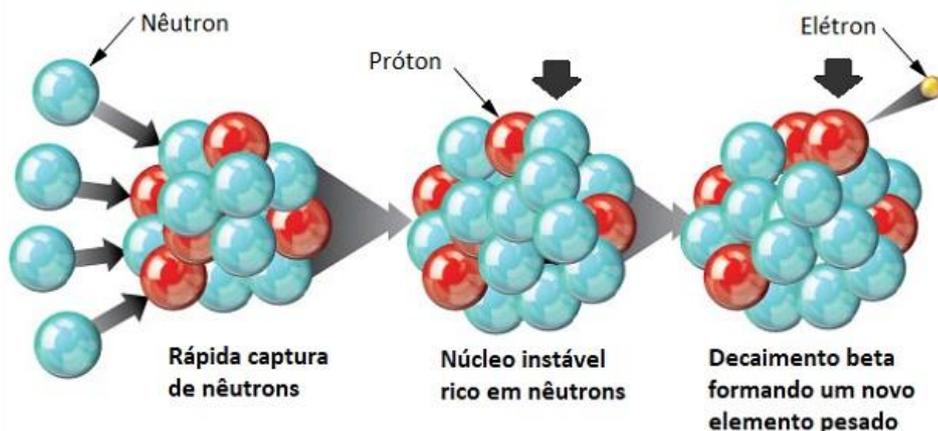
$m_{Z,A}$ = massa do núcleo;

c = velocidade da luz.

Voltando ao Gráfico 2, compreendemos que o produto de isótopos mais pesados torna-se endotérmico, algo que se soma à forte barreira eletrostática (força de Coulomb) entre os vários prótons (carga positiva) constituintes do núcleo. Assim, o sistema final requer uma injeção de considerável energia para alcançar a estabilidade (OLIVEIRA, 2019). Nesse sentido, os elementos mais massivos são sintetizados por meio de um processo chamado “captura de nêutrons” (processo-n). Esse processo pode ser dividido em dois mecanismos principais: processo-r e processo-s, ambos identificados pela primeira vez em 1957 (OLIVEIRA, 2019). Nos parágrafos seguintes, explicaremos um pouco mais sobre o processo de captura de nêutrons. No entanto, antes disso, consideramos importante dizer que existe também a captura de prótons (associada ao processo-p): nesse caso, núcleos mais leves assimilam prótons adicionais para produzir apenas núcleos ricos nessas partículas subatômicas (ou seja, sem a presença de um número muito maior de nêutrons) - existem aproximadamente 40 núcleos de isótopos estáveis ricos em prótons (OLIVEIRA, 2019).

Voltando ao processo de captura de nêutrons, temos que existe um acúmulo crescente de nêutrons sendo capturados do ambiente, geralmente com a presença inicial de núcleos mais leves (sementes). Quando um núcleo estável mais leve captura um excesso de nêutrons, ele se torna instável. Esse núcleo instável passa por um decaimento *beta*, o qual transforma um nêutron em um próton, aumentando seu número atômico sem alterar seu número de massa atômica, conforme ilustrado na Figura 12 (OLIVEIRA, 2019).

Figura 12- Ilustração da captura de nêutrons.



Fonte: Disponível em: <<https://www.saberatualizado.com.br>>. Acesso em: 18/07/19.

Quanto ao mecanismo de ação, entendemos que, no processo-s, a contínua captura produz núcleos próximos do limite de *beta*-estabilidade, enquanto no processo-r, em seu início, produzem-se núcleos radioativos altamente ricos em nêutrons, os quais eventualmente sofrem um decaimento *beta* em direção à *beta*-estabilidade. Alguns núcleos atômicos podem ser construídos pela união de mais de um desses processos (OLIVEIRA, 2019).

O processo-s (captura lenta de nêutrons) ocorre em uma escala de tempo (t_n) muito maior do que o tempo médio para o decaimento beta (t_b) ($t_n \gg t_b$). Já no processo-r (captura rápida de nêutrons), ocorre o inverso ($t_n \ll t_b$) (OLIVEIRA, 2019). E enquanto t_n depende somente da natureza do núcleo formado, t_b depende fortemente do ambiente de nucleossíntese, especificamente em termos da intensidade do fluxo de nêutrons (OLIVEIRA, 2019).

O processo-s ocorre em estrelas de baixa-intermediária massa (0,8 a 8 massas solares), as quais possuem uma grande escala de tempo de evolução (medida em bilhões de anos) - longo intervalo temporal necessário para as capturas lentas de nêutrons originarem elementos mais pesados a partir de elementos mais leves (OLIVEIRA, 2019). Em suma, como no processo-s o tempo de captura é muito maior do que o decaimento *beta*, uma única captura é quase sempre acompanhada por decaimento *beta* e, portanto, o caminho de aumento da massa atômica/número atômico do núcleo sempre acompanha a linha de estabilidade. No processo-r, porém, temos o oposto (OLIVEIRA, 2019).

O processo-r é de fundamental importância para explicar a origem de aproximadamente metade dos núcleos estáveis com massa atômica maior do que 60, incluindo os tão preciosos ouro, platina e prata (OLIVEIRA, 2019). Depois de várias centenas de milissegundos, quando os nêutrons são estafados pelas capturas ($N_n \sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$), capturas-n, fotodesintegração e decaimentos *beta* competem em escalas de tempo similares e determinam o padrão de abundância final antes do fluxo nuclear se tornar dominado pelo decaimento *beta* (assim como pela fissão dos núcleos formados e decaimentos *alfa* para as espécies mais pesadas). Tal evento só ocorre em um meio cataclísmico, requerendo a presença de bastante energia e nêutrons (OLIVEIRA, 2019).

Como o padrão de abundância dos núcleos gerados pelo processo-r em estrelas bastante antigas é muito semelhante ao do Sistema Solar, fica implícito a provável existência de uma fonte dominante para que esse processo ocorra, e que tal fonte não sofreu mudanças significativas ao longo da história do universo (OLIVEIRA, 2019). Todavia, onde estaria essa fonte? O local no Cosmos onde ocorre com maior intensidade o processo-r é ainda um dos maiores

desafios a serem resolvidos no campo da astrofísica (OLIVEIRA, 2019). Em resumo, astrônomos consideram duas hipóteses: a primeira é a de que isso aconteça em ambientes que abrigam o colapso de estrelas massivas (>10 massas solares) nas explosões de supernovas Tipo II (supondo, assim, que as ondas de choque do gás em expansão e a energia emitida na forma de neutrinos sejam capazes de suprir a energia necessária pra formar esses elementos) (OLIVEIRA, 2019). Na segunda hipótese, porém, estima-se que a captura de nêutrons se daria durante a fusão de sistemas binários de estrelas de nêutrons (OLIVEIRA, 2019). No entanto, recentemente, também foi proposta uma hipótese envolvendo a interação de buracos negros com as estrelas de nêutrons (OLIVEIRA, 2019). Todos esses cenários envolvem um absurdo fluxo e densidade de nêutrons, juntamente com eventos muito energéticos, o que cria as condições ideais para o processo-r ocorrer, apesar dessa última hipótese ser bastante especulativa (OLIVEIRA, 2019).

Até então, evidências e modelos astrofísicos apontam para o processo de fusão entre as estrelas de nêutrons como sendo a maior fonte de elementos mais pesados via processo-r, onde o ambiente nas camadas mais externas do colapso do núcleo de supernovas está se mostrando não rico o suficiente em nêutrons (OLIVEIRA, 2019). Aliás, dois recentes estudos trouxeram convincentes evidências teóricas corroborando esse cenário (OLIVEIRA, 2019). No entanto, uma hipótese ainda mais recente coloca os colapsares - eventos muito raros de supernovas - como a fonte primária do processo-r (OLIVEIRA, 2019).

Diante da complexidade de todo conteúdo científico apresentado, compreendemos a necessidade de se fazer uma transposição didática adequada sobre o assunto. Além disso, no âmbito educacional, o estudo do átomo é baseado em modelos e hipóteses, carecendo da imaginação do aluno para o entendimento de conceitos abstratos. Portanto, muitos discentes ainda não conseguem compreender esse universo das partículas de dimensões atômicas (muito menos subatômicas) (CHASSOT, 1996). Buscando realmente auxiliar o aluno na construção desse tipo de conhecimento, tentamos utilizar um vocabulário diferenciado para explicar conceitos da astroquímica, visto que consideramos ineficiente a possibilidade de aulas demasiadamente complexas, mas, também, entendemos que não seria viável utilizar apenas uma linguagem do cotidiano.

Observamos que diversas expressões artísticas, tais como músicas, poesias, pinturas etc., sugerem reflexões sobre a origem e o sentido da vida, trazendo assuntos científicos em seus conteúdos e, por conseguinte, propiciam uma proximidade entre ciência e arte (MOREIRA; MASSARANI, 2006; ZANETIC, 2006). Promover a aprendizagem de

astroquímica correlacionando ciência e arte no Ensino Fundamental é um grande desafio, pois requer uma convicta mudança de postura diante de novas possibilidades. Faz-se necessário superar visões fragmentadas do aprendizado escolar para não se limitar ao ensino de conteúdos, mas sim construir conhecimento.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, encontra-se a metodologia da pesquisa utilizada: o estudo de caso para pesquisa qualitativa, levando em consideração também a descrição do *locus* e dos sujeitos da pesquisa, seu contexto, além de discorrer sobre os instrumentos e as técnicas de análise dos dados.

3.1 A pesquisa

A presente pesquisa tem natureza qualitativa no campo educacional. Com a finalidade de obter dados para compreensão de atitudes, motivações e comportamentos de determinado grupo de pessoas, uma investigação qualitativa requer do pesquisador: i) visão holística, ou seja, valorização do contexto para a compreensão de um evento; ii) abordagem indutiva, ou seja, o pesquisador parte de observações mais livres para destacar as relevâncias; iii) investigação naturalista, ou seja, apesar da importância do investigador, há uma minimização de sua intervenção no contexto (PATTON, 1986 apud ALVES, 1991).

A fim de reforçar a credibilidade atribuída aos estudos qualitativos, é interessante ressaltar que uma abordagem qualitativa requer estruturas metodológicas que corroborem para a validação da pesquisa. Segundo Richardson (2009), esse tipo de investigação se caracteriza por três principais metodologias: a etnografia, a pesquisa-ação (ou investigação-ação) e o estudo de caso (RICHARDSON, 2009). Basicamente, pode-se dizer que a etnografia busca descrever elementos de uma cultura, por exemplo, uma tribo indígena; a pesquisa-ação, por sua vez, tem como objetivo principal intervir em alguma prática social e, para isso, o investigador busca influenciar o processo de tomada de decisão de um determinado grupo; já o estudo de caso se caracteriza por uma observação minuciosa de um contexto, um indivíduo, uma fonte documental ou um acontecimento específico (RICHARDSON, 2009). Este último, o estudo de caso, é a categoria na qual esta pesquisa se estrutura.

Segundo André (2005), o estudo de caso surge, na sociologia e na antropologia, ao final do século XIX e início do século XX. Nessas áreas, a finalidade era enfatizar características e atributos da vida social. Na Medicina, Psicanálise, Psicologia e Serviço Social, o estudo de caso objetivava a investigação para fins de diagnóstico e tratamento. Na área de Direito, Administração e Medicina foi, e ainda é, utilizado como recurso didático. Na Educação, o estudo de caso aparece nas décadas 60 e 70 como estudo descritivo de uma unidade, seja uma escola, um professor, uma sala de aula etc. (ANDRÉ, 2005).

Nesta pesquisa, a unidade de estudo é uma turma do Ensino Fundamental dentro de uma instituição escolar da rede privada. Disposto em sala de aula, o estudo de caso investigará a relevância didática e social de uma intervenção quanto à aprendizagem de conteúdos pertinentes à formação química do universo numa linguagem poética que integra Ciências e Direitos Humanos.

O estudo de caso tem grande potencial de contribuição nas questões da prática educacional, podendo fornecer informações valiosas que viabilizam inclusive decisões políticas. Ademais, destaca-se, também, que essa metodologia requer a manifestação de dimensões intelectual, pessoal e emocional do pesquisador, devendo este ser cauteloso para não se equivocar diante das aparências (ANDRÉ, 2005). Nesse sentido, as ferramentas de coleta de dados desta pesquisa foram coerentemente escolhidas para que a intervenção feita em sala de aula tenha, de fato, seus resultados mensurados a partir de uma análise em que o pesquisador seja participante e, ao mesmo tempo, imparcial aos eventos que estão sendo estudados.

3.1.1 *Locus* e sujeitos da pesquisa

O produto educacional deste trabalho foi aplicado numa escola pertencente à rede privada, localizada na cidade de Campos dos Goytacazes / RJ. Embora a infraestrutura dessa escola seja relativamente pequena, consideramos que ela possui grande potencial de crescimento. De igual forma, as turmas são pequenas (poucos alunos), mas isso até colabora para a qualidade dos processos de ensino e de aprendizagem. Além disso, ainda que o espaço escolar seja limitado, este é bem aproveitado e, sendo assim, a instituição consegue comportar os alunos de maneira agradável: há uma sala de multimídia com ar condicionado e alguns instrumentos musicais que é bem frequentada pelo alunado em atividades escolares; há um espaço *playground*, o qual é frequentado pelas turmas do fundamental I. Há, também, uma biblioteca com livros didáticos e de literatura para leitura na escola e/ou empréstimo (o registro de entrada e saída de livros é, periodicamente, feito por um rodízio de funcionários responsáveis pela biblioteca).

Os sujeitos da pesquisa foram os alunos da turma de 9º ano do Ensino Fundamental dessa escola. A turma é relativamente pequena, contando com sete alunos ao todo, e o produto foi aplicado durante o segundo bimestre do ano letivo de 2019.

3.1.2 Contexto da pesquisa

Visando um melhor aproveitamento da aplicação do produto educacional, a turma já havia estudado o conceito de átomo vinculado à evolução histórica entre os modelos de Dalton, Thompson, Rutherford e Bohr no primeiro bimestre e estava iniciando os estudos sobre os elementos químicos da tabela periódica. Propositamente, a aplicação do produto educacional se deu justamente nessa ocasião, visto a compatibilidade de conteúdo ao considerar o ensino de astroquímica num recorte referente ao surgimento dos elementos químicos que compõem o universo, os quais estão representados na tabela periódica.

3.1.3 Instrumentos de coleta de dados

Essa pesquisa possui os seguintes instrumentos de coleta de dados: desenhos; questionários; observação participativa e atividades de interpretação de texto. Previamente, os desenhos foram coletados para obter indícios de como o discente conceitua as seguintes realidades a sua volta: corpo humano e Direitos Humanos. Em seguida, ainda para identificar as concepções prévias, utilizou-se um questionário de perguntas pertinentes à astroquímica no contexto da formação química do universo. Durante as aulas, foram realizadas atividades de interpretação de texto de acordo com cada capítulo do livro trabalhado. Além disso, foram consideradas as observações/anotações feitas pelo professor/pesquisador em toda aplicação da sequência didática. Por fim, novamente, foram coletados os desenhos e aplicado o questionário (mesmas perguntas feitas nas concepções prévias). Dessa forma, vale destacar que a avaliação da aprendizagem não foi efetuada de modo somativo (realizada somente ao final da aplicação da sequência didática), mas sim continuamente ao longo de sua implementação.

A imagem, em suas mais diversas formas, pode representar contextos históricos, sociológicos, culturais, além de estar cada vez mais presente nas interações sociais. O desenho, assim como outros trabalhos imagéticos- estátuas, pinturas, retratos etc.- são elementos iconográficos que podem, inclusive, ter valor documental, ocupando um papel importante na sociedade (RICHARDSON, 2009). Quanto ao desenho infantil, qual seria sua relevância nas questões sociais? Como o segmento educacional tem aproveitado este recurso nas escolas? Constituindo-se de um campo extremamente útil à psicopedagogia, o desenho infantil é considerado uma expressão gráfica enxertada de sentidos, visto que nele a criança utiliza-se de múltiplos caminhos para registrar percepções, conhecimentos, emoções, vontade,

imaginação, memória etc. (FERREIRA, 2001). A representação gráfica é um meio de acompanhamento e compreensão do desenvolvimento da criança, sendo o desenho infantil objeto de estudo de muitos especialistas no que tange as condições físicas, psíquicas, históricas e sociais do indivíduo.

Diante dos mais diversos vieses de discussão acerca do desenho infantil, o presente trabalho se delimitará em sua utilização como instrumento de coleta de dados para obter indícios de como o discente conceitua realidades a sua volta, tais como o corpo humano e os Direitos Humanos. Isto porque, segundo Ferreira (2001), o desenho da criança não reproduz uma realidade material, mas a realidade conceituada; ou seja, o desenho exprime o conhecimento conceitual que ela tem de uma dada realidade (FERREIRA, 2001).

Como é sabido, esta investigação também conta com a observação participativa que, segundo Yin (2005), é uma modalidade em que o observador participa das atividades propostas ao grupo e recolhe informações do processo a ser descrito e analisado. A observação participativa permite uma integração harmoniosa do pesquisador ao grupo. Contudo, para o êxito de pesquisas desta natureza, o autor destaca cuidados relativos a esta técnica: apoio do pesquisador ao fenômeno estudado, que pode acabar quebrando a imparcialidade; além da função de participante se sobressair à de observador, restringindo o tempo de registro das informações (YIN, 2005).

As observações e anotações feitas a durante a aplicação da sequência didática desenvolvida pela professora/pesquisadora foram instrumentos fundamentais para coleta de dados. Devido à simultaneidade das conversas dos discentes, as discussões estabelecidas nas aulas foram gravadas para que questionamentos e detalhes importantes não fossem perdidos ao longo da aplicação da sequência didática. Afinal, conforme Stake (1995 apud ANDRÉ, 2013, p. 100): “as observações conduzem o pesquisador para a compreensão do caso, sendo necessário realizar um registro bem detalhado e claro dos eventos, a fim de que se forneça uma descrição incontestável que seja útil para futuras análises e para o relatório final”.

Outra ferramenta utilizada nesta pesquisa foi o questionário. Segundo Cervo e Bervian, este deve ter o formato de respostas mais adequado ao considerar as vantagens e desvantagens de cada tipo para o objetivo da pesquisa (CERVO; BERVIAN, 1983). Dessa forma, o questionário utilizado para colher concepções prévias e pós sobre o conteúdo abordado foi o de questões abertas, haja vista que almejava-se que os discentes ficassem livres para responderem com suas próprias palavras, sem se limitarem a escolha entre um rol de alternativas. Ainda de acordo com Cervo e Bervian, questões abertas tem menor poder de influência nos respondentes do que as perguntas com alternativas previamente estabelecidas;

além de proporcionarem comentários, explicações e esclarecimentos significativos para posterior interpretação e análise (CERVO; BERVIAN, 1983). Para a avaliação da sequência didática, foi utilizado um questionário misto, possibilitando respostas em diversos formatos, seja por meio de múltipla escolha (várias alternativas); de dicotomia (duas opções de respostas do tipo “sim/não”); ou até mesmo de questões abertas (CERVO; BERVIAN, 1983).

Durante a aplicação da sequência didática, outro recurso avaliativo utilizado foram as atividades de interpretação de texto. Cada atividade, denominada Pergunta por Capítulo- PC, era distribuída ao final da leitura/contação de história realizada em aula. Contendo questões relacionadas ao capítulo trabalhado, essas atividades foram elaboradas a fim de revisar os principais assuntos desenvolvidos em aula e, assim, promover uma melhor compreensão do tema em questão. De modo geral, tratam-se de perguntas referentes à correlação entre o conhecimento científico e a valorização do ser humano, contando também com questões mais específicas sobre o conteúdo científico abordado.

3.1.4 Técnicas de análises de dados

Segundo Bodgan e Biklen (1994), a pesquisa qualitativa não demanda, necessariamente, a elaboração prévia de hipóteses a fim de comprová-las ou infirmá-las posteriormente, haja vista que elas- as hipóteses- podem surgir ou não no decorrer da investigação (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Para Bodgan e Biklen, o processo de análise dos dados na investigação qualitativa é similar a um funil em que “[...] as coisas estão abertas no início (ou no topo) e vão se tornando mais fechadas e específicas no extremo” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 50). Trata-se de uma situação em que o pesquisador seleciona o que considera mais importante no material coletado e, então, explora esses dados à luz do suporte teórico de sua pesquisa. A abordagem qualitativa deve estar interessada na forma como as pessoas atribuem sentido aos mais variados aspectos da vida, como e porque interpretam determinados fatos desta ou daquela maneira. Assim, “ao apreender as perspectivas dos participantes, a investigação qualitativa faz luz sobre a dinâmica interna das situações, dinâmica esta que é frequentemente invisível para o observador exterior” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 51).

Durante toda aplicação do produto educacional, consideramos a observação participativa como importante contributo para a análise dos resultados obtidos. Contudo, de maneira mais específica, temos que: Para analisar os dados coletados nos questionários prévio e pós dessa pesquisa, foi adotada a base teórica de Bardin (2009), bem como, foram criados

gráficos que indicam a frequência com que determinadas respostas foram dadas pelos alunos. Para analisar as atividades de interpretação de texto (PC) distribuídas ao longo das aulas, demos maior destaque aos nossos próprios comentários feitos à luz do suporte teórico dessa pesquisa e, posteriormente, utilizamos a referência de análise de conteúdo de Bardin (2009) para organizar as análises feitas de acordo com a base teórica trabalhada. Já a análise dos dados coletados nos desenhos (prévio e pós), além de se pautar na análise de conteúdo de Bardin (2009), contou também com o referencial teórico encontrado em Luquet (1969) acerca do desenho infantil. O questionário da avaliação da sequência didática, por sua vez, teve uma análise feita, majoritariamente, por meio de gráficos, os quais foram permeados por alguns comentários feitos por nós, pesquisadores.

Diante do supracitado, nota-se que essa pesquisa conta com técnicas de análise de dados que se adéquam aos de diferentes instrumentos de avaliação, visando, assim, um melhor aproveitamento dos resultados obtidos a partir da expressão de habilidades individuais e coletivas. Dessa forma, a seguir, discorreremos sobre a análise de conteúdo segundo Bardin (2009) e, logo após, traremos as considerações de Luquet sobre a ilustração infantil, visto que isso nos permitiu fazer uma análise mais detalhada dos desenhos coletados.

Segundo Bardin (2009), a análise de conteúdo consiste em:

um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens. [...] A intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção (ou eventualmente, de recepção), inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não) (BARDIN, 2006, p. 38).

Entende-se, portanto, que a análise de conteúdo objetiva ultrapassar as incertezas e enriquecer a leitura dos dados coletados. Nessa perspectiva, vale ressaltar que existem diversas formas de documentação do material colhido: na maioria das vezes, trata-se de artefatos textuais (notas de campo, fichas de documentação, transcrição etc.); contudo, o material também pode ser documentado por meio de fotos, vídeos, áudios e outros, pois todas as formas de documentação são relevantes no processo de pesquisa, desde que haja uma adequada análise (FLICK, 2009).

Segundo Bardin (2009), o pesquisador deve buscar formas de compreender o que está implícito nas mensagens em processo de análise e, uma vez conseguido, atribuir-lhe alguma significação. Os sentidos atribuídos às mensagens estão relacionados às Unidades de Significação (US), as quais “correspondem ao segmento do conteúdo a considerar como unidade de base, visando à categorização e a contagem frequencial” (BARDIN, 2009, p. 130).

De acordo com Bardin (2009), a organização da análise de conteúdo deve ser baseada em três etapas cronológicas: pré-análise; exploração do material; e tratamento dos resultados (possíveis inferências e interpretações). A pré-análise constitui-se do momento em que o pesquisador tem o primeiro contato com o material que será submetido à análise, ou seja, envolve uma leitura *en passant* dos dados. Essa etapa é caracterizada pela organização dos dados, escolha dos documentos, formulação das hipóteses e dos objetivos, além da elaboração dos indicadores e a preparação do material. Na segunda fase- exploração do material- o pesquisador, de acordo com regras previamente estabelecidas, adotará os devidos procedimentos ao estudar o material coletado: codificação (recorte das respostas dadas em US); enumeração (seleção das regras de contagem); e classificação (agrupamento de elementos com características comuns e separação destes por diferenciação; ou seja, agregação e categorização, respectivamente). Por fim, a terceira etapa - tratamento dos resultados - consiste em proposições de inferências e interpretações por parte do pesquisador, visando, assim, transformar os dados coletados em resultados significativos e válidos (BARDIN, 2009).

A análise de conteúdo de Bardin (2009) utilizada nessa pesquisa ganha reforços à luz das considerações de Luquet (1969) sobre o desenho infantil. A partir do ponto de vista da evolução cognitiva, a base teórica encontrada em Luquet busca compreender o que e como a criança desenha. A partir dessas concepções, Pillar (1996) afirma que “o desenho é a reprodução de um modelo interno que a criança possui do objeto” (1996, p. 40). Ao utilizar a expressão “modelo interno”, faz-se referência à realidade psíquica que há no pensamento da criança, o que, por sua vez, dá origem ao ato de criar, visto que o ser humano possui uma representação mental do objeto e as ilustrações são uma maneira de representá-lo (PILLAR, 1996).

Segundo Luquet (1969), há quatro estágios do desenvolvimento gráfico, os quais podem contribuir para a compreensão do educador e da família sobre os processos de desenvolvimento da criança. São esses: Realismo fortuito; Realismo falhado ou incapacidade sintética; Realismo intelectual; e Realismo visual. Apresentaremos esses estágios a seguir; porém, vale salientar que, dentre esses, o Realismo intelectual é o que, teoricamente, corresponde à faixa etária em que os sujeitos dessa pesquisa se encontram (LUQUET, 1969).

O primeiro estágio, denominado Realismo fortuito, inicia-se, aproximadamente, aos dois anos de idade e subdivide-se em desenho involuntário e voluntário. No que tange às ilustrações involuntárias, a criança desenha linhas, uma vez que ainda não tem consciência de que o conjunto delas passa a ser a representação de objetos. Dessa maneira, a criança não

atribui significado a seus grafismos; porém, continua desenhando pelo prazer em repetir os movimentos devido à atividade motora adquirida. Quanto ao desenho voluntário, embora a criança também o faça sem intenção, ela percebe similaridades entre seus traçados e um objeto real, considerando-o de acordo com sua semelhança. Por conseguinte, surge a intenção, a qual é caracterizada pelo desejo consciente de desenhar alguma coisa (LUQUET, 1969, apud PILLOTTO et al., 2004).

O segundo estágio - Realismo falhado ou incapacidade sintética - começa por volta dos quatro anos e tende a prorrogar-se até os dez ou doze anos de idade. Nessa fase, a criança se preocupa em representar cada objeto de maneira diferenciada, não integrando o que desenha num conjunto coerente e, assim, exagera ou omite partes por considerar, apenas, o seu ponto de vista (LUQUET, 1969, apud PILLOTTO et al., 2004).

O terceiro estágio, chamado de Realismo intelectual, por sua vez, é o mais adequado para ser considerado na análise de dados dessa pesquisa porque, nessa fase, há a representação dos objetos pelo conhecimento intelectual. De maneira consciente, a criança busca reproduzir o objeto representando o que vê e, também, o que não está presente. Dessa forma, ela torna transparentes partes de objetos que, a priori, estariam encobertos, tais como órgãos sob a pele e móveis através da parede (LUQUET, 1969, apud PILLOTTO et al., 2004).

Outra notoriedade desse nível é a utilização de “legendas nos desenhos para nomear os objetos, o que faz com que o nome passe a ser uma característica essencial do objeto, tal como as suas partes” (PILLAR, 1996, p. 49). Nessa etapa, observa-se, também, que a criança delibera os objetos no espaço levando em consideração suas posições, distâncias e proporções a partir de uma base referencial. Nessa perspectiva, a criança procura desenhar a partir da noção que tem do objeto, construindo suas primeiras relações projetivas, isto é, a projeção dos objetos no espaço, estabelecendo a noção de diferentes planos e profundidade (LUQUET, 1969, apud PILLOTTO et al., 2004).

No quarto estágio, denominado Realismo visual, diferentemente da etapa anterior, a criança representa os elementos visíveis, abandonando a transparência. Pillar (1996) afirma que os objetos passam:

[...] a ser representados com essa nova construção, a perspectiva, e os detalhes agora têm por finalidade particularizar as formas que antes eram genéricas. Há, portanto, um aprimoramento do sistema do desenho construído no realismo intelectual (PILLAR, 1996, p. 50).

Em um texto publicado nos “*Cahiers de pedagogie moderne pour l’enseignement du premier degré – Le dessin*” (Cadernos de pedagogia moderna para o ensino do primeiro grau – O desenho), Luquet inicia sua argumentação afirmando:

Para a criança, um desenho belo significa um desenho parecido e, por consequência, a tendência fundamental de seu desenho é o realismo. (...) Assim como o realismo do adulto é um realismo visual, o realismo da criança é uma realismo intelectual. Para ele, um desenho não é um quadro, mas uma definição; ele tem por função expressar com traços a essência do objeto representado, como a linguagem a exprime com as suas palavras (Luquet em: HUISMAN ET LANDOWSKI (ORG), 1947, p.7).

Feitas as devidas considerações em torno do estudo do desenho infantil, faz-se necessário iterar que os estágios definidos em Luquet (1969) não devem ser vistos de maneira incisiva no que diz respeito às faixas etárias correspondentes, pois cada criança tem suas especificidades e vivências. Essas definições do desenho corroboram para que possamos compreender a criança em seu processo de desenvolvimento cognitivo, haja vista que cada criança tem sua maneira própria de se expressar, de pensar, de registrar seus desejos, emoções, pensamentos, etc. Como pesquisadores na área da aprendizagem, coube a nós propiciar a elas as oportunidades de expressão e de experimentação, de modo que as técnicas de análise de dados, de fato, respeitassem esse processo.

4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

Este capítulo apresenta a descrição do produto educacional utilizado nesta pesquisa. Inicialmente, chamamos a atenção para algumas considerações em relação ao material desenvolvido para compor a sequência didática; logo após, temos o roteiro das atividades realizadas ao longo da aplicação do produto, a fim de que essa descrição corrobore para a disseminação da Educação em Direitos Humanos no aprendizado de conteúdos pertinentes à formação química do universo.

4.1 Considerações iniciais

A sequência didática estruturada nesta pesquisa foi ancorada principalmente na Educação em Direitos Humanos. Nesse sentido, o produto educacional (páginas 152 a 250) foi elaborado com o intuito de promover a aprendizagem de conteúdos relativos à formação química do universo no 9º ano do Ensino Fundamental numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos. Para isso, a sequência didática conta com o suporte de um livro intitulado *Estrelas também falam* (Apêndice A do produto educacional, páginas 177 a 231). Trata-se de um livro paradidático, de autoria própria, que articula conceitos das ciências naturais no ramo da formação química do universo e sua relação com o ser humano enquanto ser material. Ao passo que, numa linguagem poética, a dignidade humana ganha destaque na história fictícia percorrida no livro. Assim sendo, a sequência de atividades se estabelece em torno da contação de história, visto que o próprio livro já traz explicações relevantes sobre conteúdos pertinentes à formação química do universo num contexto de valorização do adolescente.

De modo a sistematizar essa proposta diferenciada, optou-se pela utilização de estratégias e ferramentas didáticas também não muito triviais no âmbito da aprendizagem desse tipo de conteúdo científico. Dessa maneira, destacamos o uso de: questionários, atividades ilustrativas (desenhos) e interpretações textuais como instrumentos avaliativos, haja vista que cada etapa foi preparada a fim de alcançar, da melhor forma possível, os objetivos previamente estabelecidos - conforme veremos no Quadro 1 (página 76). Obs.: Fizemos um breve resumo para auxiliar o professor na análise dos desenhos (página 163). Os questionários e desenhos fizeram parte somente das aulas dadas antes e depois da utilização do livro paradidático; já as atividades de interpretação de texto foram realizadas ao longo das aulas (sempre após a contação de história), pois apresentavam questionamentos referentes ao capítulo trabalhado em cada aula (como o livro possui seis capítulos, a dinâmica de leitura consistiu em 1 capítulo por encontro). Assim sendo, podemos dizer que, por meio dessas

atividades, buscou-se detectar indícios de Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos.

Esta proposta foi aplicada numa turma de 9º ano do Ensino Fundamental, no segundo bimestre do ano letivo de 2019. Trata-se de uma escola pertencente à rede privada, localizada na cidade de Campos dos Goytacazes/ RJ. O conteúdo científico foi trabalhado conforme atribuições descritas no BNCC, em consonância com a escolha do bimestre, de acordo com o cronograma de aulas da turma em questão: Visando um melhor aproveitamento da aplicação do produto educacional, os alunos já tinham estudado o conceito de átomo vinculado à evolução histórica entre os modelos de Dalton, Thompson, Rutherford e Bohr no primeiro bimestre e iniciariam os estudos sobre os elementos químicos da tabela periódica. A aplicação do produto educacional se deu justamente nessa ocasião, visto a compatibilidade de conteúdo ao considerar a aprendizagem de astroquímica num recorte da formação dos elementos químicos que compõem o universo.

Foram necessários oito encontros de, aproximadamente, 2 horas/aula (50 minutos cada aula), totalizando 16 horas/aula para aplicação do produto e verificação de sua potencialidade como material de Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos. Vale destacar que, segundo Candau e colaboradores (2013), a EDH consiste num processo de articulação entre: a) conhecimentos e habilidades: compreender os direitos humanos e os mecanismos existentes para a sua proteção, assim como incentivar o exercício de habilidades na vida cotidiana; b) valores, atitudes e comportamentos: desenvolver valores e fortalecer atitudes e comportamentos que respeitem os direitos humanos; c) ações: desencadear atividades para a promoção, defesa e reparação das violações aos direitos humanos (CANDAU et al., 2013). Entende-se, portanto, que a aplicação desse produto educacional corrobora para o necessário exercício de conhecer o homem, o que o constitui, qual o seu valor perante uma sociedade, o que lhe é próprio por direito e o que lhe é próprio como dever (COMPARATO, 2003).

Antes de aplicar o produto educacional, vale ressaltar que sua elaboração realmente foi bastante trabalhosa, pois a Educação em Direitos Humanos ainda não é uma perspectiva trivial na Aprendizagem de Ciências (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2013). Contudo, ao mesmo tempo, foi muito gratificante preparar cada etapa com a consciência de estar contribuindo para a promoção da dignidade na adolescência. Dessa forma, após muita pesquisa, fizemos um resumo - de tamanho viável - para que o professor de Ciências tenha um melhor aproveitamento durante a aplicação do produto. Chamamos esse resumo de MAP- Material de Apoio ao Professor (Apêndice B do produto educacional, páginas 232 a 248). Portanto, antes

de iniciar a sequência didática, recomenda-se a leitura e compreensão desse conteúdo elaborado para dar suporte ao professor. Trata-se de um material elaborado pela autora do presente trabalho para auxiliar o professor não apenas nas discussões que possivelmente surgirão durante as aulas, mas também para ajudar a ampliar ainda mais o campo de conhecimento do professor que se propõe a vivenciar a Educação em Direitos Humanos em sala de aula.

4.2 Roteiro do produto

A sequência didática proposta foi sistematizada com o intuito de corroborar para a aprendizagem de conteúdos referentes à formação química do universo numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos. Na busca por indícios que apontem para a ocorrência desse tipo de aprendizagem, essa sequência contou com oito etapas, as quais estão descritas no Quadro 1, com seus respectivos objetivos e atividades realizadas. Vale dizer que toda folha de resposta foi entregue ao professor, pois foram atribuídas notas de participação nas atividades do bimestre, bem como, os resultados passaram por posterior análise à luz dos referenciais teóricos desta pesquisa. Obs.: Na página 163, encontra-se um breve resumo para auxiliar o professor na análise dos desenhos. Cada etapa teve duração em torno de 2 horas/aula (50 minutos cada aula), totalizando, aproximadamente, 16 horas/aula. A seguir, com verbos no infinitivo para acentuar o caráter instrutivo desse roteiro, encontram-se descritas as etapas do produto, os recursos didáticos utilizados em cada encontro, assim como a maneira de execução das atividades.

Quadro 1- Etapas da sequência didática e seus respectivos objetivos e duração.

Etapas (2h/aula)	Objetivos	Atividades realizadas
Etapa 1 Concepções prévias	❖ Identificar concepções prévias.	❖ Desenho inicial; ❖ Questionário inicial.
Etapa 2 Contaçõ de história e Interpretação de texto 1 Livro: <i>Estrelas também falam</i> Capítulo 1-	❖ Proporcionar uma empatia dos alunos com os personagens do livro e, a partir dessa afinidade, reconhecer possíveis situações de desvalorização infanto-juvenil; ❖ Despertar o interesse dos	❖ Leitura do capítulo 1 do livro <i>Estrelas também falam</i> ; ❖ Interpretação de texto: PC-1 (perguntas referentes ao capítulo 1).

<p>“Céu de Neutrina”</p>	<p>discentes sobre a relação entre as estrelas do céu e a vida da personagem Neutrina.</p>	
<p>Etapa 3 Contação de história e Interpretação de texto 2 Livro: <i>Estrelas também falam</i> Capítulo 2- “No princípio...”</p>	<p>❖ Promover o aprendizado dos conteúdos científicos: ✓ Nucleossíntese primordial; ✓ Estrutura atômica.</p>	<p>❖ Leitura do capítulo 2 do livro <i>Estrelas também falam</i>; ❖ Interpretação de texto: PC-2 (perguntas referentes ao capítulo 2).</p>
<p>Etapa 4 Contação de história e Interpretação de texto 3 Livro: <i>Estrelas também falam</i> Capítulo 3- “Nasce uma estrela”</p>	<p>❖ Promover o aprendizado dos conteúdos científicos: ✓ Nascimento estelar; ✓ Nucleossíntese estelar.</p>	<p>❖ Leitura do capítulo 3 do livro <i>Estrelas também falam</i>; ❖ Interpretação de texto: PC-3 (pergunta referente ao capítulo 3).</p>
<p>Etapa 5 Contação de história e Interpretação de texto 4 Livro: <i>Estrelas também falam</i> Capítulo 4- “Química do bem”</p>	<p>❖ Corroborar para a compreensão semântica quanto à reflexão da personagem Neutrina sobre pessoas respeitadas e cooperativas; ❖ Promover o aprendizado do conteúdo científico: ✓ Evolução química do universo.</p>	<p>❖ Leitura do capítulo 4 do livro <i>Estrelas também falam</i>; ❖ Interpretação de texto: PC-4 (pergunta referente ao capítulo 4).</p>
<p>Etapa 6 Contação de história e Interpretação de texto 5 Livro: <i>Estrelas também falam</i> Capítulo 5-</p>	<p>❖ Promover o aprendizado do conteúdo científico: ✓ Vida estelar (como é o interior das estrelas).</p>	<p>❖ Leitura do capítulo 5 do livro <i>Estrelas também falam</i>; ❖ Interpretação de texto: PC-5 (pergunta referente ao capítulo 5).</p>

“Bem no interior”		
<p align="center">Etapa 7</p> <p align="center">Contaçon de história e Interpretaçon de texto 6</p> <p align="center">Livro: <i>Estrelas também falam</i></p> <p align="center">Capítulo 6- “Estrelas também falam”</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Corroborar para a compreensão da relação entre ciência e arte abordada no livro <i>Estrelas também falam</i>; ❖ Promover o aprendizado do conteúdo científico: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Morte estelar. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Leitura do capítulo 6 do livro <i>Estrelas também falam</i>; ❖ Interpretaçon de texto: PC-6 (pergunta referente ao capítulo 6).
<p align="center">Etapa 8</p> <p align="center">Encontro final</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificar indícios que apontem para a ocorrência de uma Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos; ❖ Realizar uma avaliação sobre a relevância da sequência didática aplicada. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Desenho final; ❖ Questionário final; ❖ Avaliação da sequência didática (questionário).

Fonte: Elaboração própria.

Para uma melhor compreensão da sequência didática, as etapas descritas no Quadro 1 serão apresentadas detalhadamente a seguir com as devidas instruções de aplicação, objetivos da aula e atividades relacionadas.

Etapa 1- Concepções Prévias (2 hora/ aula)

Atividade 1- Desenho

Esse primeiro momento conta com perguntas sobre a representação do ser humano em seu processo de reconhecimento enquanto sujeito de direitos. Nesse sentido, entregar a atividade 1 (páginas 164 e 165) para cada aluno, bem como, distribuir lápis de variadas cores. Feito isso, o professor deve ler, juntamente com os discentes, os questionamentos apresentados na atividade 1 e, assim sendo, cada aluno deve realizar a tarefa proposta individualmente. Tratam-se de duas perguntas que solicitam respostas ilustrativas, ou seja, a atividade 1 deve ser respondida por meio de desenhos. O objetivo dessa atividade é colher as

concepções prévias dos discentes sobre o que eles entendem por “corpo humano” e, também, sobre o que os Direitos Humanos representam para eles.

Atividade 2- Questionário

Em continuidade à coleta de concepções prévias, a Etapa 1 também conta com um questionário individual de perguntas abertas. Assim sendo, o professor deve entregar a atividade 2 do produto educacional (página 166), a fim de que, individualmente, esta seja respondida pelos alunos. Tratam-se de três questões sobre a matéria bariônica no âmbito das constituições estelar, atomística e humana. Essa atividade tem como objetivo colher as concepções prévias dos alunos sobre o conteúdo científico referente à formação química do universo e sua relação com o ser humano enquanto ser material.

Etapa 2- Contação de história e Interpretação de texto 1 (2 hora/ aula)

Esse momento marca o início das aulas desenvolvidas com o livro paradidático *Estrelas também falam* (Apêndice A do produto educacional, páginas 177 a 231). De maneira geral, a dinâmica de leitura de todo o livro se dará da seguinte forma:

A cada etapa, um novo capítulo será trabalhado: de acordo com o texto a ser estudado em aula, os alunos receberão uma versão impressa para o acompanhamento da leitura. A fim de viabilizar a interação entre os discentes, bem como, a relação professor-aluno (VYGOTSKY, 1988), sugere-se organizar a sala de aula numa conformação de meia-lua. A leitura do livro deve ser realizada como uma contação de história; ou seja, o professor deve expressar as falas dos personagens em sua narrativa, atentando-se às possíveis diferenciações de voz, ritmo, métrica etc. para que a contação seja feita da maneira mais dinâmica possível. Também caberá ao professor, de acordo com o *feedback* da turma, atitudes como: pausar a contação para esclarecer possíveis dúvidas; mediar discussões acerca do assunto desenvolvido; retomar trechos do capítulo quando necessário; utilizar o quadro para ilustrar situações/ conteúdos etc. Para tanto, antes de introduzir o trabalho com o livro, o professor deve instruir os discentes a considerarem as instruções para o estudo no decorrer das etapas, conforme recomendação descrita no produto educacional (página 167).

Feitas as comunicações referentes a esta e às demais etapas de utilização do livro, vamos, de fato, adentrar na Etapa 2:

O primeiro capítulo do livro introduz a temática astroquímica numa abordagem poética e bastante convidativa. A personagem Neutrina é apresentada ao leitor como uma menina de 14 anos de idade que gosta muito da arte da escrita, ela se expressa escrevendo poesias,

músicas, rascunhos etc. À priori, a menina está triste por algum motivo, o qual o livro, de fato, não relata, mas deixa claro que essa tristeza tem a ver com a insatisfação em relação ao seu próprio corpo. O desenvolvimento da história se dá por meio de constantes diálogos entre Neutrina e seu grande amigo, ao passo que, enquanto aprende ciência, a menina vai reconhecendo também o seu valor enquanto ser humano.

Com a trama em questão, o objetivo dessa etapa é proporcionar uma empatia dos alunos com os personagens do livro trabalhado. A partir dessa afinidade, espera-se que os discentes identifiquem situações que acentuam a desvalorização infanto-juvenil, promovendo, assim, reflexões sobre seus próprios direitos enquanto ser humano. No decorrer da Etapa 2, busca-se, também, despertar o interesse dos alunos sobre a relação entre as estrelas (origem de elementos químicos) e a personagem Neutrina (ser humano feito de matéria bariônica). Considerando as instruções contidas no produto educacional, o professor deve entregar o capítulo 1 (Céu de Neutrina) e iniciar a contação de história. Passado o momento de leitura/narração (com as possíveis mediações), a turma será dividida em equipes (recomenda-se entre dois a, no máximo, quatro alunos por equipe) e, em seguida, os discentes devem receber a PC-1 (Perguntas do Capítulo 1) para responderem – Atividade 3 (página 168).

Etapa 3- Contação de história e Interpretação de texto 2 (2 hora/ aula)

Utilizar o início da aula para, brevemente, relembrar os principais acontecimentos do capítulo 1, já que a história terá continuidade nesta etapa. Nesse início da Etapa 3, sugere-se também perguntar se restou alguma dúvida em relação à interpretação do texto 1, ao conteúdo científico, ou mesmo, se há comentários adicionais. Feito isso, o professor deve entregar o capítulo 2 (No princípio) e iniciar a contação de história, atentando-se para as possíveis atitudes do aluno. O capítulo 2 apresenta a origem do universo de uma maneira lúdica, ele marca o início da peregrinação de Neutrina na “missão Astroquímica”. Trata-se de uma viagem que os personagens fazem em busca de estrelas que poderiam fornecer os átomos necessários para que Neutrina tivesse seu corpo refeito. O tipo de estrela com elementos um pouco mais pesados chama-se supernova; porém, um detalhe importante é que a menina quer encontrar alguma supernova que ainda não tenha espalhado seus elementos químicos pelo espaço. Isso porque Neutrina quer átomos “novos” (no sentido de que ainda não foram utilizados antes) para substituir os átomos “antigos” que, algum dia, formaram o seu corpo.

Apresentadas as aspirações de Neutrina, o capítulo 2 passa pelo Big Bang até chegar à formação dos elementos mais simples (hidrogênio e hélio). Assim sendo, a Etapa 3 busca promover o aprendizado de conteúdos científicos - nucleossíntese primordial e estrutura

atômica - enquanto o aluno acompanha o início dessa jornada espacial. Finalizada a leitura/narração, os grupos formados na aula anterior receberão a PC-2 (Perguntas do Capítulo 2) - atividade 4 (página 169) - para efetuarem suas respostas. Ao terminarem, os alunos devem entregar a atividade para o professor, o qual deve aproveitar o final da aula para fazer alguns comentários sobre as respostas.

Etapa 4- Contação de história e Interpretação de texto 3 (2 hora/ aula)

No início da aula, retomar os principais fatos do capítulo 2, bem como perguntar se restou alguma dúvida em relação à aula anterior. Logo após, o professor deve entregar o capítulo 3 (Nasce uma estrela) e iniciar a contação de história, prestando atenção nas possíveis atitudes do aluno, conforme recomendado no produto educacional. No capítulo 3, os personagens tem a oportunidade, bastante incomum, de presenciar o processo de nascimento de uma estrela: Caminhando por um grande tabuleiro (chamado Tabuleiro da Existência), Neutrina vai compreendendo como os átomos de hidrogênio e hélio, outrora dispersos, vão se aglomerando para que o processo de fusão nuclear ocorra, dando início, assim, à vida estelar. Dessa maneira, almeja-se promover o aprendizado dos conteúdos científicos “nascimento e nucleossíntese estelar” enquanto o discente acompanha Neutrina e seu amigo pelo Tabuleiro da Existência. Concluída a leitura/ narração do capítulo 3, entregar a PC-3 (Pergunta do Capítulo 3) - atividade 5 (página 170) - para que equipes possam realizar a atividade. Ao terminarem, os alunos devem entregar a atividade para o professor, o qual deve aproveitar o final da aula para fazer alguns comentários sobre as respostas.

Etapa 5- Contação de história e Interpretação de texto 4 (2 hora/ aula)

Inicialmente, deve-se recapitular os eventos mais marcantes do texto 3 e, como sempre, é importante verificar se há questionamentos sobre o que foi abordado anteriormente. A seguir, distribuir o capítulo 4 (Química do bem) e começar a contação de história; atendendo possíveis dúvidas que o aluno possa ter durante a narrativa. O objetivo dessa etapa é corroborar para a compreensão semântica quanto à reflexão da personagem Neutrina sobre pessoas respeitadas e cooperativas; bem como promover o aprendizado do conteúdo científico “evolução química do universo” por meio de uma transposição didática adequada.

No capítulo 4, Neutrina é apresentada ao conceito de evolução química do universo. Na ocasião, ela entende que as estrelas que nascem primeiro contribuem para o nascimento de outras com elementos químicos ainda mais pesados. Dessa maneira, a menina compreende a relevância da cooperação para a existência estelar e, analogamente, reflete sobre a

importância de atitudes boas na humanidade; todavia, vale destacar que ela ainda não sabe como ocorre essa transição de gerações estelares. Finalizada a leitura/ narração do capítulo 4, os grupos receberão a PC-4 (Pergunta do Capítulo 4) - atividade 6 (página 171) - para reponderem. Ao terminarem, os alunos devem entregar a atividade para o professor, o qual deve aproveitar o final da aula para fazer alguns comentários sobre as respostas.

Etapa 6- Contação de história e Interpretação de texto 5 (2 hora/ aula)

Para o começo da aula, lembrar os principais fatos do texto 4 e averiguar possíveis questionamentos sobre o mesmo. Feito isso, entregar o capítulo 5 (Bem no interior) e iniciar a contação de história, atentando-se ao comportamento do aluno. No capítulo 5, Neutrina e seu amigo acompanham a formação de diferentes elementos químicos dentro da estrela. No desenvolvimento do enredo, a menina não está mais na posição de uma observadora que se encontra do lado de fora de uma estrela, pois, dessa vez, ela entra no coração estelar. Dessa maneira, o objetivo da Etapa 6 é promover o aprendizado de conteúdos científicos relacionados à vida estelar; ou seja, queremos que o aluno aprenda sobre a estrutura interna de uma estrela, suas camadas demarcadas por diferentes fusões nucleares, quais os átomos que estão sendo formados nessas camadas etc.

Ao caminhar pelo interior de uma gigante vermelha, além de ver a diversidade de elementos químicos, Neutrina exercita sua paciência esperando essa estrela se tornar uma supernova. Nesse processo, a menina tem uma oportunidade mais acentuada de sentir uma pequena amostra do que a estrela “sente” em termos físicos (ação da gravidade, aumento de temperatura, pressão etc.). No final do capítulo, o leitor se depara com o clímax do livro: as fusões nucleares da gigante vermelha estão na iminência de cessarem e, finalmente, essa estrela vai se tornar uma supernova para que a personagem Neutrina faça o seu tão esperado pedido de substituição dos átomos do seu corpo por outros que ainda estão dentro daquela estrela. Após a leitura/ narração do capítulo 5, o professor deve distribuir a PC-5 (Pergunta do Capítulo 5) - atividade 7 (página 172) - para as equipes responderem. Ao terminarem, os alunos devem entregar a atividade para o professor, o qual deve aproveitar o final da aula para fazer alguns comentários sobre as respostas.

Etapa 7- Contação de história e Interpretação de texto 6 (2 hora/ aula)

Fazer uma breve revisão dos acontecimentos mais relevantes do texto 5 e, nessa retomada, verificar possíveis dúvidas sobre o mesmo. Depois disso, distribuir o capítulo 6 (Estrelas também falam) e iniciar a contação de história, considerando a participação do

aluno. Por meio da representatividade da personagem Neutrina, o capítulo 6 apresenta o desfecho da missão Astroquímica apontando para a valorização do adolescente. Reconhecendo a beleza de ser humana, a menina volta para casa e escreve uma nova poesia, a qual expressa seu novo olhar- sobre as pessoas, sobre a vida e sobre si mesma. Dessa forma, a Etapa 6 objetiva corroborar para a compreensão da relação entre ciência e arte abordada no livro *Estrelas também falam*, assim como promover o aprendizado do conteúdo científico “morte estelar”. Ao concluir a leitura/ narração do capítulo 6, entregar a PC-6 (Perguntas do Capítulo 6) - atividade 8 (página 173) - para que as equipes realizem a atividade proposta. Ao terminarem, os alunos devem entregar a atividade para o professor, o qual deve aproveitar o final da aula para fazer alguns comentários sobre as respostas.

Etapa 8- Encontro final (2 hora/ aula)

Nesse encontro final, os alunos devem fazer as duas atividades propostas - a saber, as mesmas que foram utilizadas para a coleta de concepções prévias: desenho e questionário - assim como avaliar a sequência didática aplicada durante as aulas. O objetivo geral dessa etapa é identificar indícios que apontem para a ocorrência de uma Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos e, também, realizar uma avaliação sobre a relevância da sequência didática aplicada.

Atividade 1- Desenho

Assim como na Etapa 1, esse momento conta com aquelas mesmas perguntas sobre a representação do ser humano em seu processo de reconhecimento enquanto sujeito de direitos. Nesse sentido, entregar a atividade 1 (páginas 164 e 165) para cada aluno, bem como, distribuir lápis de variadas cores. Feito isso, o professor deve ler, juntamente com os discentes, os questionamentos apresentados na atividade 1 e, assim sendo, cada discente deve realizar a tarefa proposta individualmente. Tratam-se de duas perguntas que solicitam respostas ilustrativas, ou seja, a atividade 1 deve ser respondida por meio de desenhos. O objetivo específico dessa atividade é colher as considerações finais dos discentes sobre o que eles entendem por “corpo humano” e, também, sobre o que os Direitos Humanos representam para eles.

Atividade 2- Questionário

Da mesma maneira como ocorreu na Etapa 1, essa atividade consiste naquele mesmo questionário individual de perguntas abertas. Assim sendo, o professor deve entregar a

atividade 2 do produto educacional (página 166), a fim de que, individualmente, esta seja respondida pelos alunos. Tratam-se de três questões sobre a matéria bariônica no âmbito das constituições estelar, atomística e humana. Essa atividade tem como objetivo específico colher as considerações finais dos alunos sobre o conteúdo científico referente à formação química do universo e sua relação com o ser humano enquanto ser material.

Avaliação da sequência didática

Ao terminar a atividade 2, os alunos deverão responder um questionário (páginas 174 e 175) para avaliar as etapas executadas no bimestre. Dessa forma, o professor terá um *feedback* dos discentes acerca da sequência didática aplicada.

5- APLICAÇÃO DO PRODUTO E ANÁLISE/DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo descreve a aplicação do produto educacional desenvolvido nessa pesquisa, ressaltando como foi a execução da sequência didática e evidenciando os dados coletados no decorrer das aulas. Este capítulo também apresenta a análise e discussão dos resultados obtidos à luz do suporte teórico utilizado nessa pesquisa.

5.1 Considerações iniciais

O produto educacional deste trabalho foi aplicado numa turma de 9º ano do Ensino Fundamental, no segundo bimestre do ano letivo de 2019. Trata-se de uma escola pertencente à rede privada, localizada na cidade de Campos dos Goytacazes/ RJ. Nessa escola, a disciplina de Ciências possui uma carga horária de 3 horas/aula semanais. No 1º semestre de 2019, momento em que foi realizada a aplicação da sequência didática, as aulas de Ciências eram distribuídas da seguinte forma: 1 hora/aula de Física na quinta-feira e 2 horas/aula de Química na sexta-feira, totalizando 30 horas/aula de Ciências bimestrais. De acordo com esse cronograma, a aplicação da sequência didática foi toda realizada nas aulas de Química.

No primeiro bimestre, a turma já havia estudado o conceito de átomo vinculado à evolução histórica entre os modelos de Dalton, Thompson, Rutherford e Bohr. Na ocasião, as aulas também introduziram conteúdos sobre a tabela periódica, o que seria algo positivo para um melhor aproveitamento da aplicação do produto educacional no segundo bimestre. Propositamente, a sequência didática foi executada nesse contexto, visto a compatibilidade de conteúdo ao considerar o ensino de astroquímica num recorte referente ao surgimento dos elementos químicos, os quais estão representados na tabela periódica. Iniciamos a aplicação do produto educacional em maio de 2019, também propositalmente, já que, em 18 de maio, é celebrado o Dia Nacional de Combate ao Abuso e Exploração Sexual de Crianças e Adolescentes - Campanha Maio Laranja (BRASIL, 2019).

O produto educacional foi aplicado em uma turma pequena, sete alunos ao todo (cinco do sexo masculino e dois do sexo feminino), o que pode ter colaborado ainda mais para a interação entre os alunos e a professora pesquisadora, pois assim foi possível prestar bastante atenção às demandas dos discentes durante as atividades propostas. Todavia, o produto não se restringe a essa realidade; ele foi elaborado para que, com possíveis adaptações, possa atender as mais diversas salas de aula que se propõem a trabalhar numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos. No caso desta pesquisa, como lidamos com um quantitativo reduzido de alunos, optamos por expor, na maioria das vezes, todas as respostas registradas em todas as

folhas de atividade. Dessa maneira, a análise de resultados proporciona uma melhor compreensão da potencialidade do produto educacional.

5.2 Aplicação, resultados e análise/discussão

Etapa 1- Concepções Prévias (2 hora/ aula)

Esta etapa tem por finalidade a verificação das concepções prévias dos discentes por meio das seguintes ferramentas: desenho e questionário (atividades 1 e 2, respectivamente). A atividade 1 buscou saber a visão do aluno sobre o corpo humano e, também, sobre o que os Direitos Humanos representam para eles; já a atividade 2 objetivou colher concepções sobre o conteúdo científico referente à formação química do universo e sua relação com o ser humano enquanto ser material. Antes de iniciar as atividades, conversamos em aula acerca da importância da participação de cada aluno em todas as etapas investigativas do produto educacional que seria aplicado pela professora/pesquisadora ao longo do bimestre. Nesse sentido, também foi mencionado que as etapas seriam fundamentais tanto para a construção de conhecimentos dos alunos, quanto para a obtenção de resultados para a pesquisa de mestrado da professora.

Atividade 1- Desenho

Nesse momento, foi entregue a atividade 1 (páginas 164 e 165) para cada aluno e foram distribuídos lápis de variadas cores. Feito isso, a professora leu em voz audível os questionamentos apresentados na atividade 1, enfatizando que cada discente deve realizar a tarefa proposta individualmente, inclusive sem a ajuda dela para responderem. Ao solicitar esses desenhos, a professora deixou claro que estes não precisariam, necessariamente, ter um quantitativo pré-determinado; ou seja, o aluno é livre para fazer quantos desenhos quiser na folha recebida, podendo fazer um desenho com elementos que respondam os dois questionamentos numa mesma ilustração ou fazer desenhos separados, devendo apenas especificar para que a professora saiba de qual pergunta se trata. Um dos alunos, então, perguntou:

“Especificar o que?”

A professora respondeu utilizando também o quadro branco para escrever as letras “a” e “b” enquanto explicava:

“Por exemplo, se você fizer desenhos separados, identifique para eu saber: “a” para o desenho que responde a pergunta “a” e “b” para o desenho que responde a pergunta “b.”

Esse mesmo aluno disse:

“Vou fazer junto mesmo então”.

E, em seguida, expôs mais uma dúvida em relação à atividade:

“E se eu quiser fazer um desenho só pra tudo?”

A professora respondeu:

“Se você fizer um mesmo desenho pra responder as duas perguntas, você escreve a letra “a” e a letra “b” no topo da folha pra eu saber que aquele desenho que você fez é sua resposta para as duas perguntas.”

O aluno esboçou compreensão. Outro, porém, perguntou:

“Posso desenhar de cor de lápis normal?” (referindo-se ao lápis de grafite acinzentado).

A professora disse que sim, que ele poderia ficar à vontade para desenhar como quisesse, só reforçou o pedido de comprometimento (responsabilidade) na execução das atividades.

Enquanto os alunos realizavam a atividade, a professora notou que a maioria deles estava desenhando com esmero, pois a turma parecia bastante concentrada, além do que, diferentes cores de lápis estavam sendo utilizadas por vontade própria. Quanto à parte de compreensão do que a questão, de fato, estava pedindo, a docente verificou que os alunos, em geral, tiveram dificuldade em compreender a letra “b”): dois discentes falaram que não sabiam o que desenhar nessa questão e, ao caminhar na sala, a professora verificou que a maior parte dos discentes que optaram por responder as questões com desenhos separados já havia concluído a questão “a)” em até, aproximadamente, vinte e cinco minutos, mas ainda não tinha começado a fazer o desenho da letra “b)”. Dessa forma, a professora, de maneira cuidadosa para não interferir nos resultados, reforçou:

“Prestem atenção no que a questão “b)” tá pedindo: Vocês não precisam saber tudo sobre Direitos Humanos pra responder, o que eu quero é que seja um desenho sobre o que esses direitos representam pra vocês.

Um aluno falou:

“Posso desenhar alguma coisa dizendo que Direitos Humanos é importante pra mim?”

A professora respondeu:

“Então, realmente não posso te dizer o que desenhar, mas, assim, se você acha que os Direitos Humanos representam alguma coisa importante pra você, então desenhe isso, você deve pensar sobre isso e fazer um desenho do que você tá pensando.”

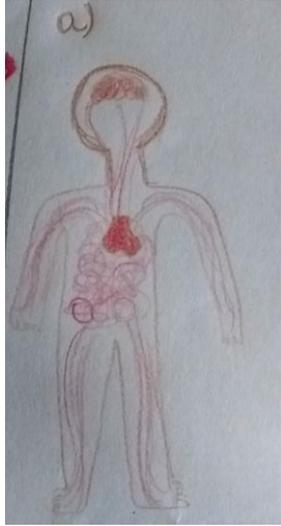
Dessa maneira, a turma prosseguiu executando a atividade 1 e esta foi concluída dentro do tempo estipulado para o momento (aproximadamente 1 hora de duração).

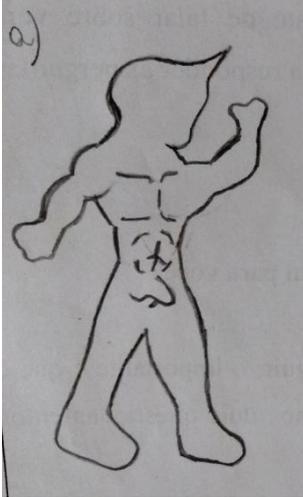
De acordo com a análise de conteúdo proposta por Bardin (2009), a qual encontra-se descrita na metodologia deste trabalho, deu-se início a avaliação das respostas ilustradas dadas pelos alunos às duas questões da Atividade 1. Com o intuito de categorizar os elementos identificados, foram recortadas US dos desenhos feitos pelos discentes. Vale destacar que as categorias não foram estabelecidas previamente, estas foram criadas a partir dos recortes das US. Além disso, o tipo de US característica da análise de conteúdo escolhida para recorte foi em relação a um tema; ou seja, uma afirmação sobre um assunto. No caso, como trata-se de respostas não textuais, visto que foram elaboradas por meio de desenhos, atribuímos à essa análise considerações de Luquet (1969) sobre o desenho infantil. A seguir, encontram-se as duas questões que constituem a Atividade 1:

- ✓ Questão a): “Para você, o que significa o corpo humano?”
- ✓ Questão b): “E, quanto aos Direitos Humanos, o que eles representam para você?”

Após análise minuciosa dos desenhos feitos pelos alunos em resposta às questões supracitadas, foram propostas categorizações conforme descritos no Quadro 2.

Quadro 2- Categorizações das US recortadas em resposta à Atividade 1 (desenho) da Etapa 1.

Categorização	US recortadas
Aspectos biológicos/ anatômicos (Aban)	<p>Total de US: 3</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 13- Foto do desenho feito pelo aluno 1 em resposta à questão “a” do questionário prévio  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 14- Foto do desenho feito pelo aluno 5 em resposta à questão “a” do questionário prévio.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>
<p>Figura humana (Fh)</p>	<p>Total de US: 3</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 15- Foto do desenho feito pelo aluno 2 em resposta à questão “a” do questionário prévio.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 16- Foto do desenho feito pelo aluno 3 em resposta à questão “a” do questionário prévio.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>

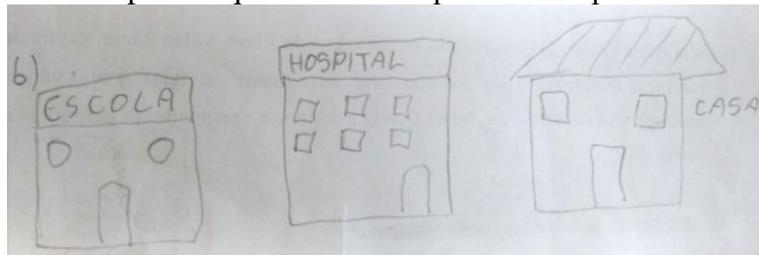
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 17- Foto do desenho feito pelo aluno 4 em resposta à questão “a” do questionário prévio.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>
<p>Direitos civis (Dc)</p>	<p>Total de US: 5</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 18- Foto do desenho feito pelo aluno 1 em resposta à questão “b” do questionário prévio.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 19- Foto do desenho feito pelo aluno 2 em resposta à questão “b” do questionário prévio.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>

- **Figura 20-** Foto do desenho feito pelo aluno 3 em resposta à questão “b” do questionário prévio.



Fonte: Elaboração própria.

- **Figura 21-** Foto do desenho feito pelo aluno 4 em resposta à questão “b” do questionário prévio.

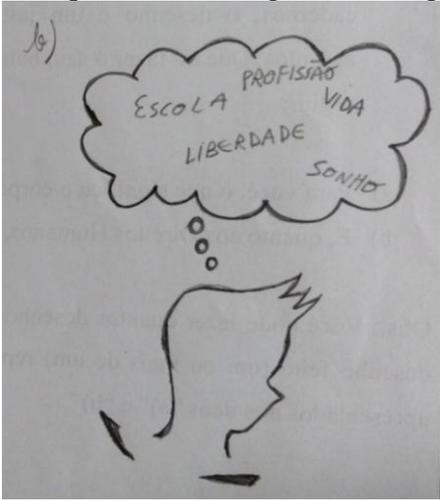


Fonte: Elaboração própria.

- **Figura 22-** Foto do desenho feito pelo aluno 7 em resposta às questões “a” e “b” do questionário prévio.



Fonte: Elaboração própria.

<p>Aspectos emocionais (Ae)</p>	<p>Total de US: 1</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Figura 23- Foto do desenho feito pelo aluno 6 em resposta à questão “a” do questionário prévio.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>
<p>Aspectos ideológicos (Ai)</p>	<p>Total de US: 2</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Figura 24- Foto do desenho feito pelo aluno 5 em resposta à questão “b” do questionário prévio.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>

- **Figura 25-** Foto do desenho feito pelo aluno 6 em resposta à questão “b” do questionário prévio.



Fonte: Elaboração própria.

Fonte: Elaboração própria.

Em resposta à questão “a” (significado do corpo humano), foram criadas três categorias: Aspectos biológicos/anatômicos (Aban); Figura humana (Fh); e Aspectos emocionais (Ae). Os critérios para a formação dessas categorizações foram estabelecidos com base em: Para a categoria Aban, foram identificados retratações de órgãos internos do ser humano, tais como cérebro, estômago, coração etc, bem como a morfologia do corpo humano, a qual foi esteticamente representada por músculos bem definidos no corpo masculino. A categoria Fh, por sua vez, tras a representação do corpo humano de maneira menos complexa, mostrando apenas a figura humana vista externamente de maneira genérica. Já a categoria Ae apresenta a capacidade de sentir (e refletir sobre o que se sente) como principal característica humana, visto que o desenho analisado (Figura 23) destaca a representatividade do coração e do cérebro humano. Verificadas essas três categorizações das respostas dadas à primeira questão, podemos inferir que alguns alunos relacionaram o conceito de corpo humano à biologia que mantém seu organismo vivo, assim como seus aspectos estéticos- morfológicos; outros se expressaram por meio de uma representação mais genérica do corpo humano; e, ainda, uma pequena parcela considerou a relevância das emoções humanas ao atribuir significado a esse corpo.

Em resposta à questão “b” (representação dos Direitos Humanos), foram criadas duas categorias: Direitos civis (Dc); e Aspectos ideológicos (Ai). Para gerar essas categorizações, nos baseamos nos seguintes critérios: A categoria Dc retrata alguns direitos estabelecidos no âmbito cívico de uma sociedade, são os chamados direitos civis, tais como o direito de estudar; direito de ir e vir; direito à saúde pública etc. Já a categoria Ai tras um conjunto de ideias que apontam para princípios e valores que caracterizam algum pensamento, tal como algum sonho que o indivíduo deseja realizar; podendo contemplar também ideais de um

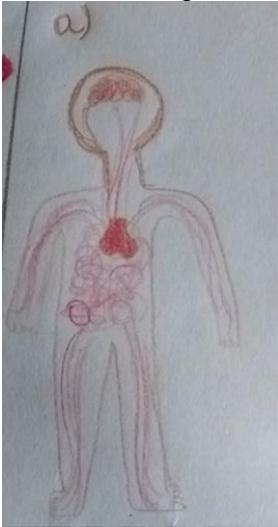
grupo, como, por exemplo, a paz mundial. Sendo assim, podemos inferir que parte dos alunos considerou o direito do cidadão como uma representação dos Direitos Humanos, ou seja, relaciona-se diretamente com os fatos vivenciados numa sociedade; outra parte dos discentes, porém, atentou para as aspirações intrínsecas do ser humano ao pensar sobre o que os Direitos Humanos representam para eles, transpondo o abstrato para o papel.

Em especial, um desenho que chamou atenção, tanto pelos detalhes explícitos quanto pelos implícitos, foi a ilustração do aluno 7, ele foi o único que fez um mesmo desenho para responder as duas questões propostas. Essa resposta foi classificada na categoria Dc porque nos saltou aos olhos sua referência ao direito que o negro tem de ser livre. O interessante é que a ilustração trouxe o registro dessa liberdade de maneira não abstrata, ela foi especificada num recorte histórico-cultural relacionado à escravização: O desenho (Figura 22) retrata um ser humano com traços característicos de alguém negro, ao passo que, o corpo deste ser humano está em movimento - de fato, correndo mesmo - e, com seus poucos pertences em mãos, está num processo de transição para o fim da escravidão. Dessa maneira, podemos inferir que o aluno atribuiu o significado de ser humano ao significado de liberdade, um ser humano que, mesmo em circunstâncias opressivas, ainda acredita ser um sujeito de direitos e aspira por dias melhores. Obs.: Notamos muitas outras características nos detalhes artísticos desse desenho, tais como o suor no rosto do homem e sua roupa rasgada, mas, a fim de realizar uma análise mais precisa, de acordo com Bardin, selecionamos o que consideramos mais importante no material coletado (BARDIN, 2009).

Além das categorizações temáticas do Quadro 2, conforme é sabido, atribuímos à essa análise considerações de Luquet (1969) sobre o desenho infantil. Isso porque o desenho infantil é considerado uma expressão gráfica enxertada de sentidos, visto que nele a criança utiliza-se de múltiplos caminhos para registrar percepções, conhecimentos, emoções, vontade, imaginação, memória etc. (FERREIRA, 2001). Para tanto, criamos novas categorias ao identificar US de acordo com o Realismo intelectual de Luquet, conforme podemos verificar no Quadro 3.

Quadro 3- Categorizações das US recortadas em resposta à Atividade 1 (desenho) da Etapa 1, segundo o Realismo intelectual de Luquet.

Categorização	US recortadas
Transparência	Total de US: 2 Exemplos:

(Tp)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 13- Foto do desenho feito pelo aluno 1 em resposta à questão “a” do questionário prévio  <p>Fonte: Elaboração própria.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 23- Foto do desenho feito pelo aluno 6 em resposta à questão “a” do questionário prévio.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>
Legenda (Lg)	<p>Total de US: 6</p> <p>Exemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 18- Foto do desenho feito pelo aluno 1 em resposta à questão “b” do questionário prévio.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>

- **Figura 19-** Foto do desenho feito pelo aluno 2 em resposta à questão “b” do questionário prévio.



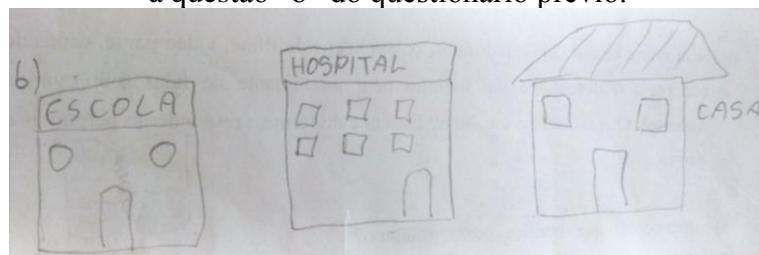
Fonte: Elaboração própria.

- **Figura 20-** Foto do desenho feito pelo aluno 3 em resposta à questão “b” do questionário prévio.



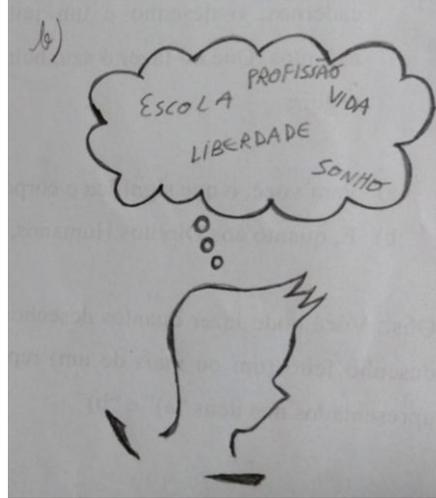
Fonte: Elaboração própria.

- **Figura 21-** Foto do desenho feito pelo aluno 4 em resposta à questão “b” do questionário prévio.



Fonte: Elaboração própria.

- **Figura 24-** Foto do desenho feito pelo aluno 5 em resposta à questão “b” do questionário prévio.



Fonte: Elaboração própria.

- **Figura 25-** Foto do desenho feito pelo aluno 6 em resposta à questão “b” do questionário prévio.



Fonte: Elaboração própria.

Fonte: Elaboração própria.

Consideramos o Realismo intelectual para complementar a análise desta etapa da pesquisa porque, nesse estágio, há a representação dos objetos pelo conhecimento intelectual (LUQUET, 1969, apud PILLOTTO et al., 2004). Dessa forma, além das categorizações feitas no Quadro 2, também foram criadas duas outras categorias para as respostas da Atividade 1: Transparência (Tp); e Legenda (Lg), conforme Quadro 3. Os critérios para a formação dessas categorizações foram estabelecidos com base em: Para a categoria Tp, vimos que, em resposta à questão “a”, alguns desenhos retrataram o ser humano com representações de órgãos do corpo humano que não são visíveis externamente, sejam estes ponderados pelo aspecto emotivo ou apenas biológico mesmo. Na análise do desenho infantil por Luquet, a

transparência reproduz objetos que estariam encobertos, tais como órgãos sob a pele e móveis através da parede (LUQUET, 1969, apud PILLOTTO et al., 2004). Dessa maneira, podemos inferir o que o aluno desenhou o que vê e, também, o que não está presente externamente, ou seja, demonstrou conhecimento intelectual quanto aos aspectos biológicos do organismo humano e/ou considerou importante atrelar aspectos emotivos à existência humana.

Outra notoriedade do Realismo Intelectual é a utilização de “legendas nos desenhos para nomear os objetos, o que faz com que o nome passe a ser uma característica essencial do objeto, tal como as suas partes” (PILLAR, 1996, p. 49). Nesse sentido, vimos que, em resposta à questão “b”, alguns desenhos apresentavam elementos textuais, tornando-os parte da ilustração. Assim, a categoria Lg foi estabelecida para esse tipo de desenho, como podemos observar, por exemplo, na Figura 18, em que a legenda “hospital” permitiu identificar o objeto desenhado como tal; e também na Figura 24, em que as palavras “profissão”, “vida”, “sonho”, “liberdade” e “escola” caracterizam o pensamento humano imbuído de suas complexidades. Seja por não acreditar na gravura como ferramenta capaz de expressar sua ideia de Direitos Humanos, ou até mesmo por não se considerar suficientemente “habilidoso” para desenhar ou, simplesmente, por querer utilizar legendas, o aluno encontrou suporte nos elementos textuais, conforme o Realismo Intelectual proposto por Luquet (1969), e essa foi a maneira de demonstrar seu entendimento sobre Direitos Humanos.

Atividade 2- Questionário

Em continuidade à coleta de concepções prévias, a Etapa 1 também conta com um questionário individual de perguntas abertas (Atividade 2, que pode ser encontrada na página 166). Tratam-se de três questões sobre a matéria bariônica no âmbito das constituições estelar, atomística e humana. Essa atividade teve como objetivo colher as concepções prévias dos alunos sobre o conteúdo científico referente à formação química do universo e sua relação com o ser humano enquanto ser material. Dessa forma, o questionário foi utilizado como ferramenta para diagnosticar dificuldades dos alunos a respeito do tema abordado. Para a primeira questão, com o intuito de categorizar os elementos identificados, foram recortadas US das respostas dadas pelos discentes; já para os resultados obtidos na segunda e na terceira questão, geramos gráficos que indicam a frequência com que determinadas respostas foram dadas pelos alunos. Em relação à categorização das respostas da primeira questão, vale dizer que as categorias não foram estabelecidas previamente, mas, sim, criadas a partir dos recortes das US (BARDIN, 2009). Além disso, convém destacar que o tipo de US escolhida para

recorte foi o tema, ou seja, uma afirmação sobre um assunto (BERELSON, 1971 apud BARDIN, 2009).

A aplicação dessa atividade se deu da seguinte maneira: Após recolher os desenhos, a professora entregou o questionário e, assim como feito na atividade anterior, leu as questões em voz audível e reforçou sua afirmação sobre não interferir nas respostas dos discentes. Ao começarem a realizar a atividade, alguns alunos disseram:

“Como que eu vou saber isso?” – questionou um aluno.

“Pode deixar em branco?” – perguntou outro aluno.

Diante das indagações dos discentes, para tranquilizá-los, a professora disse que a intenção principal não era atribuir nota dando certo ou errado nas respostas, mas sim conhecer o que eles já sabiam a respeito dos assuntos abordados. Assim sendo, eles pareciam ter ficado mais à vontade e prosseguiram executando a atividade. Adiante, será comentada separadamente cada uma das três questões que constituem o questionário em busca de conhecimentos prévios, bem como os resultados obtidos e suas respectivas análises.

✓ Questão 1: “Para você, o que é uma estrela?”

As US recortadas nesta questão consistiam de temas que indicavam a opinião dos alunos quanto às atribuições conceituais do que seria uma estrela e, de acordo com as análises feitas (BARDIN, 2009), essas US originaram três categorias: Luz; Aspectos afetivos/religiosos; e Aspectos astrológicos, conforme podemos verificar no Quadro 4.

Quadro 4- Categorizações das US recortadas na análise das respostas dos alunos à primeira questão do questionário prévio e seus respectivos exemplos.

Categorização	US recortadas
Luz	Total de US: 3 <ul style="list-style-type: none"> ▪ “É uma luz química no céu.” (Aluno 5) ▪ “Estrela tem uma luz forte que fica piscando de noite.” (Aluno 1) ▪ “É um ponto iluminado que brilha de noite, mesmo quando não conseguimos ver por causa das nuvens.” (Aluno 4)
	Total de US: 2

Aspectos afetivos/ religiosos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ “Minha tia falou que meu primo foi morar no céu, acho que estrela é ele.” (Aluno 7) ▪ “É um brilho que Deus fez no céu.” (Aluno 6)
Aspectos astrológicos	<p>Total de US: 2</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ “É coisa que dá para saber da vida das pessoas.” (Aluno 2) ▪ “As estrelas fazem a constelação de todos os signos.” (Aluno 3)

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com o observado no Quadro 5, a categoria Luz foi identificada a partir de três US que indicaram a relação das estrelas com a luz, seja esta responsável por iluminar a estrela (“é um ponto iluminado...”, aluno 4); ou fazendo parte da composição da estrela (“estrela tem uma luz...”, aluno 1); ou considerada a própria estrela (“estrela é uma luz...”, aluno 5). É interessante observar que o Aluno 5 menciona em sua resposta a palavra “química” como sendo uma característica da luz, mas não especifica o fundamento científico por trás dessa citação (se seria uma ideia de espectro, de elemento químico, de átomo etc.).

A categoria Aspectos afetivos/ religiosos foi gerada a partir de duas US em que o conceito de estrela possui caráter emotivo ou faz referência ao que é divino, sagrado. Ao identificar essa categoria, notamos que o discente realmente deve ter se sentido à vontade para realizar a atividade proposta, visto que, além de ambas as respostas exporem crenças pessoais, o aluno 7 ainda envolveu sentimento humano ao relacionar o conceito de estrela à perda de um familiar. Na outra categoria identificada, Aspectos astrológicos, as duas US recortadas atribuem uma função mística à estrela, relacionando-a com especulações no ramo da astrologia. É interessante notar que, embora o aluno 3 utilize o termo “constelação” em sua resposta, não o faz num contexto do estudo astroquímico, mas sim relacionado aos signos catalogados pela astrologia.

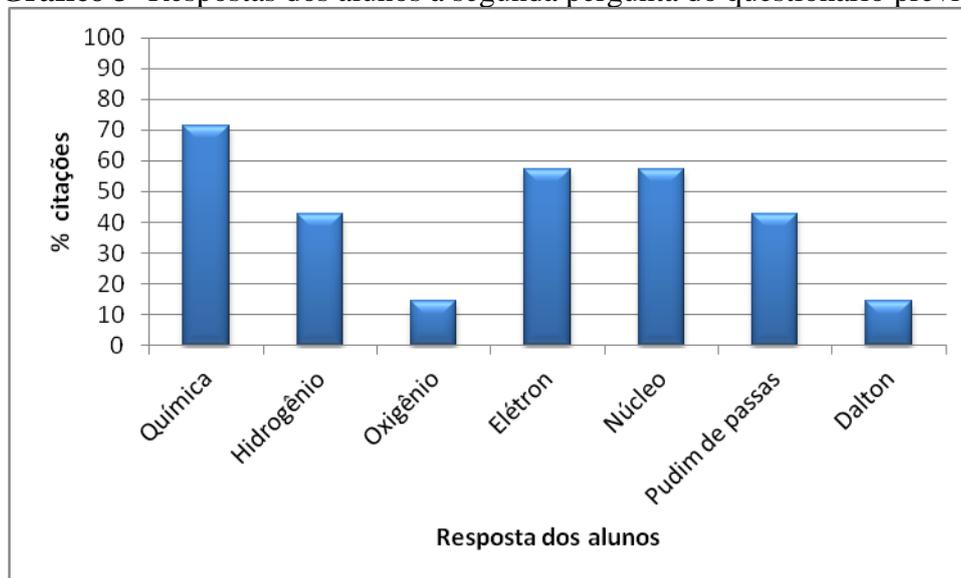
Adiante, para a análise das perguntas 2 e 3 do questionário, é importante dizer que estas solicitaram respostas em que os alunos precisavam citar palavras que expressassem seu conhecimento sobre determinado assunto. Visando um melhor aproveitamento dessa atividade, embora não tenhamos estipulado uma quantidade mínima de citações em cada resposta, foi informado aos discentes que eles deveriam se esforçar para mencionar o máximo

de palavras possível. Dessa forma, cada aluno citou o quantitativo de palavras/ expressões de sua preferência e; por conseguinte, o Gráfico 3 apresenta a frequência com que cada uma dessas palavras apareceu (% de citações) em relação à totalidade de sete respostas dadas pelos sete discentes (equivalente ao percentual total de 100%).

✓ Questão 2: “Ao ler a palavra “átomo”, quais outras palavras vem à sua cabeça?”

Nessa questão, os alunos foram perguntados sobre as mais diversas entidades relacionadas ao conceito de átomo, bem como quaisquer outras relações que o discente considere pertinente ao assunto “átomo”. Os dados coletados nessa questão encontram-se no Gráfico 3.

Gráfico 3- Respostas dos alunos à segunda pergunta do questionário prévio.



Fonte: Elaboração própria.

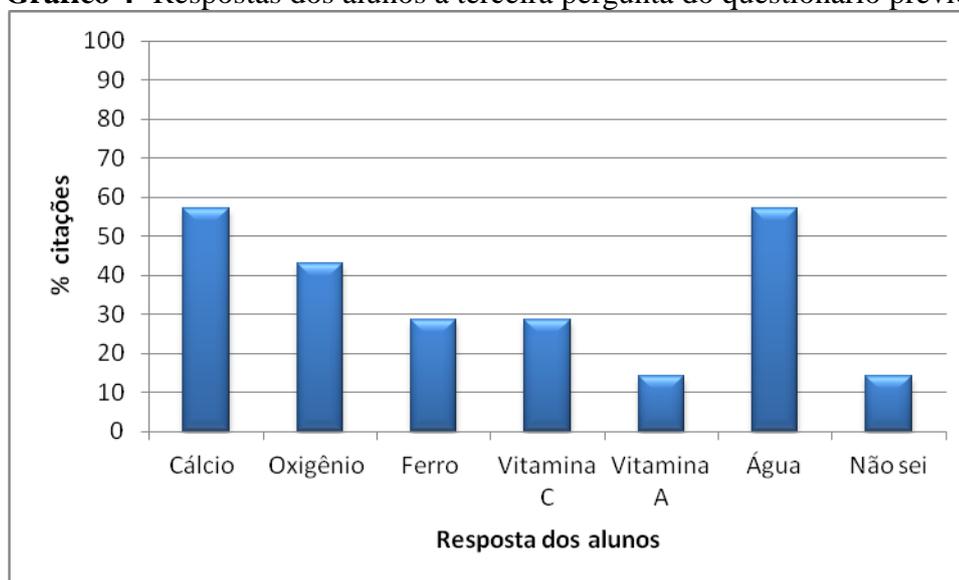
Conforme observado no Gráfico 3, de maneira geral, temos que as palavras citadas pelos alunos fazem parte de um contexto de estudo vinculado à Aprendizagem de Ciências da Natureza no último ano do Ensino Fundamental, em que, entre outros conteúdos, é trabalhado o entendimento da matéria como sendo constituída de diferentes tipos de átomos, os quais formam os elementos químicos e seus isótopos (BRASIL, 2017). Nesse sentido, ao analisarmos o Gráfico 3, vimos que o termo “química” foi o mais citado entre os alunos (vale lembrar que, nos anos escolares anteriores, essa palavra é englobada em “Ciências”); além disso, é notório também o conhecimento básico da maioria dos discentes sobre a constituição de um átomo, já que as palavras “elétron” e “núcleo” são as únicas, nesse gráfico, que fazem referência à estrutura atômica, sendo citadas por quase 60% dos alunos. Outros dois fatores que nos chamaram atenção foram as palavras “hidrogênio” e “pudim de passas”, visto que

foram termos veementemente utilizados no primeiro bimestre ao abordar o conceito de átomo vinculado à evolução histórica entre os modelos atômicos.

✓ Questão 3: “Quais elementos químicos estão presentes no corpo humano?”

Nessa questão, os alunos foram perguntados sobre a constituição química do corpo humano; contudo, propositalmente, delimitamos o assunto ao solicitar que fossem citados somente os elementos químicos. Os dados coletados nessa questão encontram-se no Gráfico 4.

Gráfico 4- Respostas dos alunos à terceira pergunta do questionário prévio.



Fonte: Elaboração própria.

Conforme observado no Gráfico 4, de maneira geral, temos que as respostas compreenderam alguns elementos químicos que fazem parte do ser humano enquanto ser material, visto que os elementos ferro, oxigênio e cálcio foram citados numa crescente entre, aproximadamente, 30% e 60% das respostas. Contudo, nessa análise, identificamos também considerações equivocadas: a maioria dos alunos (aproximadamente 60% também) mencionou a água como sendo um elemento químico e, além disso, uma parte dos discentes citou a vitamina A e a vitamina C em suas respostas. No mais, em torno de 10% dos alunos alegaram não saber responder a questão.

Etapa 2- Contação de história e Interpretação de texto 1 (2 hora/ aula)

Esse momento marcou o início das aulas que foram desenvolvidas com o livro paradidático *Estrelas também falam* (Apêndice A do produto educacional, páginas 177 a 231).

Uma grande preocupação da professora pesquisadora foi o receio das aulas ficarem monótonas por consistirem numa contação de história e, por conseguinte, os discentes não interagirem, nem interromperem para sanarem possíveis dúvidas. Então, antes de introduzir o trabalho com o livro, juntamente com os alunos, a professora leu as instruções para um melhor aproveitamento do estudo (instruções dispostas no produto educacional, página 167). No decorrer das aulas, com o intuito de envolvê-los cada vez mais na história, a professora encenou algumas partes do livro com a ajuda dos próprios alunos, conforme veremos mais adiante. Ao verificarem a parte das instruções que fala sobre a formação de equipes para as atividades de interpretação de texto, os alunos queriam dividir os grupos logo; então a professora disse que, como a turma é pequena, seriam duas duplas e um trio. Dessa maneira, eles mesmos se dividiram e formaram suas equipes (as quais chamamos de “dupla x”; dupla “y”; e “trio z”).

Iniciando a leitura do livro, a professora leu o prefácio e, assim, foi introduzida a temática astroquímica numa abordagem poética e bastante convidativa. Em seguida, a professora distribuiu o primeiro capítulo (Céu de Neutrina) e começou a contação de história: a personagem Neutrina foi apresentada aos alunos como uma menina que se expressa escrevendo poesias, músicas, rascunhos etc. A priori, a personagem está triste por algum motivo, o qual o livro, de fato, não relata, mas deixa claro que essa tristeza tem a ver com a insatisfação em relação ao seu próprio corpo. O desenvolvimento da história se dá por meio de constantes diálogos entre Neutrina e seu grande amigo, ao passo que, enquanto aprende ciência, a menina vai reconhecendo também o seu valor enquanto ser humano.

Na leitura das páginas iniciais do livro trabalhado, a professora pegou seu violão para cantar a música “Canto da alma” (primeira poesia apresentada no livro). Isso porque as três letras de canções (poesias) apresentadas ao longo da história são, de fato, músicas autorais da própria professora pesquisadora. Como, até então, somente a autora sabe a melodia dessas músicas, elas devem ser declamadas em forma de poesia quando outros professores reproduzirem a sequência didática desse trabalho; porém, para um melhor aproveitamento semântico, a professora entoou as músicas, já que são de sua autoria. Esse momento foi muito interessante, pois os alunos estavam acompanhado a leitura de cabeça baixa (concentrados) e, quando a professora começou a tocar violão, eles começaram a olhar uns para os outros, e um discente falou:

“A professora vai cantar, olha ela...”

A professora, então, disse:

“Menino, Neutrina escreveu uma música tão bonita! Isso a globo não mostra, mas vou mostrar pra vocês...”

Os alunos riram e depois pareciam atentos à música. Ao ouvirem a professora cantar, alguns acompanharam cantarolando também, principalmente numa parte específica do refrão: “O canto da alma!” Ao término da música, a turma continuou entoando essa parte do refrão e depois aplaudiram a si mesmos. Nesse momento, a professora constatou que a aplicação do seu produto estava indo por um caminho “não monótono” e, dessa forma, pensou que a interação cresceria ainda mais ao longo das aulas. E, de fato, assim foi, conforme verificaremos logo a seguir.

Continuando a leitura do capítulo 1, havia outra letra de música na página seguinte e, de igual modo, a professora tocou violão. Contudo, dessa vez, além de cantarem junto, os alunos bateram nas carteiras para ritmar a música, pois se tratava de uma canção animada. Dois alunos começaram a fazer um barulho com a boca e falaram:

“É *beatbox*, fessora!” (referindo-se à percussão vocal típico do segmento musical *hip-hop*).

Continuando o capítulo 1, ao chegar na parte que discorria sobre as galáxias, a professora utilizou o quadro para fazer um esquema genérico da Via Láctea e, assim, a aula foi seguindo entre contação de história e explicações. Após a contação de história desse primeiro capítulo, a professora entregou a PC-1 (Perguntas do Capítulo 1) - Atividade 3, página 168 - para as equipes, as quais foram formadas no início da aula. O motivo das atividades terem sido realizadas em equipes (no caso, duas duplas e um trio) é a importância que esse trabalho dá às interações pessoais no processo de aprendizagem (REGO; VYGOTSKY, 1995). Dessa maneira, a professora assumiu o papel de mediadora (VYGOTSKY, 1995), não interferindo nas respostas dos alunos, mas fomentando discussões entre os integrantes das duplas e do trio formado.

A seguir, todas as respostas coletadas na PC-1 e uma breve discussão feita à luz do referencial teórico desta pesquisa.

PC1: Atividade 3- Perguntas do Capítulo 1

- ✓ PC1A- Pelo que foi lido no capítulo 1, Neutrina chegou da escola tão triste que foi direto para o seu quarto sem nem perceber as estrelas no céu. Na sua opinião, por que Neutrina estava triste assim?

Respostas dos alunos:

Dupla X: “Eu acho que Neutrina estava triste porque alguém batia nela e deixou feridas.”

Dupla Y: “Eu acho que alguém tinha machucado muito ela quando era criança porque ela quer ter outro corpo sem marca nenhuma.”

Trio Z: “Ela tinha marcas no corpo e ninguém ajudava nunca, ela estava sozinha em casa orando.”

De forma geral, podemos verificar que os alunos relacionaram a tristeza da personagem Neutrina a algum tipo de mazela que seu corpo possivelmente sofrera, seja esta evidenciada por marcas ou feridas. Essa interpretação está de acordo com o texto trabalhado, visto que o capítulo 1 apresenta um enredo em que a personagem expressa sua insatisfação com as marcas de seu corpo. Ademais, por se tratar de um texto que deixa fatos encobertos pela subjetividade (o que, de fato, seriam essas marcas e o que as causou), é interessante notar também que há especulações nas respostas dos alunos: estas apresentam proposições decorrentes da imaginação e da empatia dos discentes ao conjecturarem sobre o passado de Neutrina, corroborando para que a sala de aula se tornasse um ambiente mais acolhedor.

- ✓ PC1B- No trecho: “Eu faço parte do céu? Até acho bonito às vezes e tal, já imaginei desenhos nas nuvens e quis come-las, confesso... Mas... O que o céu tem a ver comigo?”, é possível perceber que Neutrina ainda desconhece a importância das estrelas para sua própria existência. Contudo, após esse questionamento, ao longo do capítulo 1, o narrador explica um pouco dessa importância. De acordo com os diálogos entre a menina e o narrador, como é possível relacionar as estrelas do céu com a vida de Neutrina?

Respostas dos alunos:

Dupla X: “O corpo de Neutrina foi feito de um material que veio das estrelas que estão no céu. O nome desse material é átomos.”

Dupla Y: “O narrador disse: essa matéria que constitui seu corpo veio de lá, veio das estrelas; elas espalharam os elementos químicos pelo espaço, e grande parte desses elementos compõe sua estrutura.”

Trio Z: “A relação do céu com a vida de Neutrina é que o narrador disse que o corpo dela veio das estrelas.”

Podemos verificar que todas as respostas trouxeram a palavra “corpo” como elemento característico da vida humana. Esse termo, por sua vez, foi subsidiado por uma mentalidade de originação ao relacionar a estrutura física de Neutrina às estrelas, conforme verificado em “veio das estrelas”- grifo presente em todas as respostas. Feitos os destaques em comum nas respostas, vale ressaltar também algumas particularidades notadas: A resposta da dupla X atribuiu nome (átomo) ao material que compõe o corpo; já a dupla Y, embora tenha respondido com a transcrição de um fragmento do texto, fez um recorte enriquecedor ao contemplar o termo “elementos químicos”. De forma geral, como o conteúdo científico foi abordado ainda de maneira introdutória no capítulo 1, as respostas foram consideradas, até então, satisfatórias quanto à compreensão sobre a origem dos elementos químicos.

Ao terminarem, os alunos entregaram a atividade para a professora e esta aproveitou o final da aula para fazer alguns comentários sobre as respostas dadas às duas questões. Esse momento foi aproveitado para refletir sobre a tristeza da personagem Neutrina, imaginando-a em diversos contextos de violação de direito da criança e do adolescente, inclusive em relação ao abuso sexual infantil, assim a professora trouxe uma reflexão sobre a campanha Maio Laranja. Isso porque, propositalmente, iniciamos a aplicação do produto educacional em maio de 2019, visto que, em 18 de maio, é celebrado o Dia Nacional de Combate ao Abuso e Exploração Sexual de Crianças e Adolescentes (BRASIL, 2019).

O enfoque de toda essa etapa foi promover reflexões que fomentassem a empatia dos alunos em relação à personagem Neutrina, bem como despertar o interesse dos discentes sobre o conteúdo científico que relaciona as estrelas do céu à vida do ser humano. Portanto, diante das respostas dadas às duas questões e das reflexões feitas, podemos verificar que os resultados iniciais já indicavam a potencialidade do produto educacional (Apêndice desta dissertação) para a Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2017). Obs.: No mais, antes de liberar os alunos, a professora reforçou sobre a importância da presença e participação nas aulas vindouras.

Etapa 3- Contação de história e Interpretação de texto 2 (2 hora/ aula)

No início da aula, a professora retomou os principais acontecimentos do capítulo 1, já que a história teria continuidade nesta etapa. Feito isso, o capítulo 2 (No princípio) foi entregue aos alunos e iniciou-se a contação de história: Esse capítulo apresentou a origem do universo de uma maneira lúdica, ele marcou o início da peregrinação de Neutrina na “missão Astroquímica”. Trata-se de uma viagem que os personagens iniciaram em busca de estrelas que poderiam fornecer os átomos necessários para que Neutrina tivesse seu corpo feito. O

tipo de estrela com elementos mais pesados chama-se supernova; porém, um detalhe importante é que a menina quer encontrar alguma supernova que ainda não tenha espalhado seus elementos químicos pelo espaço. Isso porque Neutrina quer átomos “novos” (no sentido de que ainda não foram utilizados antes) para substituir os átomos “antigos” que, algum dia, formaram o seu corpo.

Com as aspirações da personagem Neutrina apresentadas na leitura do capítulo 2, vale destacar que, nas páginas iniciais do livro (parte que narra especificamente o Big Bang), a professora propôs uma dinâmica diferenciada para a turma (chamando de “dinâmica do sacode”). Entusiasmados, os alunos concordaram e fizeram o proposto: “encenaram o Big Bang” para retratar o “bum” da “explosão”, momento em que os discentes levantaram as mãos ao comando de voz da professora e balançaram “pra lá e pra cá” sincronizados uns com os outros, foi um momento bastante interativo. Após a contação de história desse segundo capítulo, a professora entregou a PC-2 (Perguntas do Capítulo 2) – Atividade 4, página 169 - para as equipes.

A seguir, todas as respostas coletadas na PC-2 e uma breve discussão feita à luz do referencial teórico desta pesquisa.

PC2: Atividade 4- Perguntas do Capítulo 2

- ✓ PC2A- Neutrina entendeu que, à medida que a sopa cósmica esfriava, as condições para a formação do átomo ficavam mais favoráveis. Descreva a estrutura de um átomo.

Respostas dos alunos:

Dupla X: “Tem elétrons, núcleo, prótons, neutrons e outras partículas menores, por exemplo: quarks.”

Dupla Y: “O átomo é feito de elétrons em volta dele e tem também o núcleo com prótons, neutrons e os quarks que ficam dentro deles.”

Trio Z: “Um átomo tem prótons e neutrons dentro do núcleo, tem partes pequenas como os quarks (partículas elementares) e elétrons do lado de fora.”

De acordo com o conteúdo trabalhado no capítulo 2 do livro, podemos verificar que todos os alunos responderam corretamente, haja vista que as partículas citadas fazem parte da composição do átomo. Contudo, enquanto a dupla X apenas cita as partículas atômicas, a dupla Y e o trio Z demonstraram maior domínio quanto à disposição espacial dessas partículas num átomo. Além disso, é interessante notar que todas as respostas consideram a existência de partículas elementares, bem como sua proporção em termos de tamanho, o que, no questionário prévio, não foi nem mencionado pelos alunos ao serem perguntados a respeito de palavras que eles consideravam estar relacionadas ao átomo (questão 2 do questionário prévio).

✓ PC2B- Quais foram os primeiros elementos químicos formados a partir do Big Bang?

Respostas dos alunos:

Dupla X: “Quarks, neutrinos e elétrons.”

Dupla Y: “Dupla X: “Hidrogênio e Hélio.”

Trio Z: “Hidrogênio, Hélio e um pouco de Lítio.”

Como se trata de uma pergunta objetiva, ou seja, esta vai diretamente ao ponto central da questão, os alunos, de igual forma, também foram bastante objetivos em suas respostas. A dupla Y e o trio Z foram acertivos, responderam de acordo com o conteúdo científico abordado no capítulo 2. Contudo, a dupla X se equivocou ao considerar partículas elementares como elementos químicos.

Ao terminarem, os alunos entregaram a atividade para a professora e esta aproveitou o final da aula para fazer alguns comentários sobre as respostas dadas às duas questões. Nesse momento, um dos integrantes da dupla x disse que possivelmente confundiu os termos “elementos químicos” com “partículas elementares” pela similaridade das palavras “elementos” e “elementares”. A professora, por sua vez, recorreu ao quadro e retomou a explicação sobre os conceitos de partículas elementares e de elementos químicos. Nesse momento, a professora pediu a algum voluntário para ler o seguinte fragmento do capítulo 2: “-Humn, interessante! Mas espera... Olha lá, olha lá: tem um monte de coisinhas pequenas ali na frente, parecem até grãos de milho, ervilha, sei lá, e tem outras um pouco maiores também, tipo pedaços de batata... Tá tudo num panelão de sopa quente! / -Haha, pensar em comida é até uma forma gostosa de encarar esse calor! É tipo isso mesmo... Uma sopa muito quente, só

que cheia de pedacinhos de universo: uma sopa cósmica! A partir do Big Bang, em fração de segundos, começaram a surgir algumas partículas elementares, tais como quarks, neutrinos, elétrons...” À medida que o aluno ia lendo esse fragmento, a professora ia pausando a leitura e ilustrando a sopa cósmica no quadro e explicando sobre como as partículas elementares foram se juntando para formarem os primeiros átomos e, por conseguinte, os primeiros elementos químicos.

Durante a explicação no quadro, um dos alunos recordou-se do exemplo do bolo de chocolate trazido pelo livro e disse:

“Ah, é aquele negócio do chocolate, as migalhas do bolo não dá pra dividir, só que se eu juntar eu faço o bolo e vou pro *master chef*.”

Os demais alunos riram e compartilharam da mesma opinião do colega; um deles disse:

“Se você ganhar, chama a fessora pra explicar do átomo.”

A professora, por sua vez, falou logo em seguida:

“Vocês é que vão explicar, já tão fazendo até carreira na TV... Mas agora, falando sério, todo mundo entendeu mesmo esse exemplo do bolo de chocolate? Me fala o que seriam as migalhas do bolo então...”

Nesse momento, três alunos se manifestaram respondendo corretamente que seriam as partículas elementares. Depois disso, a professora finalizou a explicação no quadro comparando o átomo ao bolo de chocolate cheio de migalhas.

Diante do exposto, verificamos que os objetivos dessa etapa foram alcançados, visto que os resultados obtidos contém indícios de uma aprendizagem de conteúdos científicos (no caso, nucleossíntese primordial e estrutura atômica) de maneira dinâmica, o que viabilizou a interação entre os discentes, bem como, a relação professor-aluno (VYGOTSKY, 1988).

Etapa 4- Contação de história e Interpretação de texto 3 (2 hora/ aula)

No início da aula, a professora retomou os principais acontecimentos do capítulo 2, já que a história teria continuidade nesta etapa. Feito isso, o capítulo 3 (Nasce uma estrela) foi entregue aos alunos e iniciou-se a contação de história: Nesse capítulo, os personagens tem a oportunidade, bastante incomum, de presenciar o processo de nascimento de uma estrela. Caminhando por um grande tabuleiro (chamado Tabuleiro da Existência), Neutrina vai compreendendo como os átomos de hidrogênio e hélio, outrora dispersos, vão se aglomerando para que o processo de fusão nuclear ocorra, dando início, assim, à vida estelar.

Durante o momento de contação de história, a professora utilizou estratégias diferenciadas a fim de viabilizar cada vez mais a interação em sala de aula: ao ler as páginas

do livro, por exemplo, cujo contexto descreve o nascimento de uma estrela, a professora propôs novamente a “dinâmica do sacodê”, e assim foi feito: ao ler sobre o nascer da estrela (mais especificamente a onomatopeia “bum”), os alunos levantaram as mãos e balançaram bem sincronizados. Além disso, esse momento ainda contou com a participação musical da professora, pois esta pegou seu violão e cantou um trecho da música “Juntos e *shallow now!*”

A professora teve essa ideia porque a canção "*Shallow*"- gravada pela cantora, compositora e atriz norte americana Lady Gaga e pelo ator e diretor Bradley Cooper- é a música principal do filme *A Star Is Born*, que traduzindo é “Nasce uma estrela”. A versão dessa letra em português foi lançada pela cantora brasileira Paula Fernandes, sendo disseminada na internet com muitos “memes” recentes. Como se tratava de um *hit*, os alunos cantaram junto com a professora também.

Após a contação de história desse terceiro capítulo, a professora entregou a PC-3 (Pergunta do Capítulo 3) – Atividade 5, página 170 - para as equipes. A seguir, todas as respostas coletadas na PC-3 e uma breve discussão feita à luz do referencial teórico desta pesquisa.

PC3: Atividade 5- Pergunta do Capítulo 3

- ✓ PC3- “Humn, então as estrelas nascem... Interessante!” Neutrina falou isso ao saber que as estrelas nascem. O capítulo 3 conta como a menina foi vendo esse processo de nascimento estelar. Agora que você já cumpriu mais essa etapa da missão Astroquímica com Neutrina: Como nasce uma estrela?

Respostas dos alunos:

Dupla X: “As nuvens com poeira ficam quentes e a gravidade faz os átomos ficarem muito perto um do outro. Por isso os átomos se juntam (fusão nuclear) e fazem a estrela nascer com luz porque a fusão tem muita energia.”

Dupla Y: “Tinha muita poeira com átomo de hidrogênio e hélio no espaço por causa do Big Bang. Esses átomos formaram nuvens quentes que estavam apertadas por causa da gravidade, mas isso foi bom porque fez os átomos se juntarem a ponto de ter fusão nuclear pra estrela nascer por causa da energia. A estrela nasce com essa energia pra viver igual os seres vivos que tem coração que faz a pessoa viver.”

Trio Z: “A poeira que saiu com a explosão do Big Bang tinha átomo. Eles se juntaram por causa da gravidade e isso formou nuvens. Essas nuvens cresceram porque tinha muita poeira e ficaram muito quentes fazendo os átomos que estavam na poeira se juntarem mais. Tinha hidrogênio lá dentro que se juntou pelo núcleo, eles ficaram juntos e *shallow now* porque é assim que nasce uma estrela [o aluno desenhou um *emotion* de um sorriso neste espaço]. Quando os átomos misturam um núcleo com outro, a estrela nasceu e tinha muita energia com luz.”

Ao ler essa questão, os alunos relataram que não sabiam como organizar a resposta, pois o capítulo inteiro discorria sobre o nascimento estelar; ou seja, o texto a ser interpretado era muito extenso. Um dos alunos disse: “Não sei nem por onde começar!” Compreendendo a dificuldade por se tratar de um conteúdo científico denso e, ao mesmo tempo, distribuído em um capítulo inteiro, a professora enfatizou sobre a importância do discente utilizar as próprias palavras em sua explicação e que não teria problema se eles esquecessem algum termo científico. Logo após, outro aluno disse: “Que bom que você não vai cobrar saber os nomes porque o meu não vai ficar completo porque não sei onde estão os nomes sinistros que a gente leu.” A professora então disse: “Não tem problema, façam o máximo que vocês puderem, pensem sobre o que falamos sobre o que faz uma estrela nascer, o que precisa acontecer pra uma estrela existir. Isso é tudo o que posso falar agora, respondam aí que, depois que vocês entregarem, a gente vai retomar as principais coisas.”

Feitas as observações supracitadas, os alunos responderam a questão e, como podemos verificar, de maneira geral, todas as respostas estão de acordo com o conteúdo científico trabalhado no capítulo 3 do livro. Analisando mais especificamente, é interessante notar a simplicidade das palavras utilizadas, visto que os alunos não transcreveram fragmentos do texto. Essa peculiaridade da escrita informal demonstra com mais clareza como os discentes organizaram suas ideias a respeito do nascimento de uma estrela, trazendo conceitos chave em comum: poeira; nuvens; gravidade; átomos juntos; e energia. Outras palavras de cunho científico foram utilizadas em determinadas respostas: a dupla Y foi bastante exitosa ao conceituar a junção dos átomos como fusão nuclear, bem como a dupla X que, embora mais sucinta em sua explicação, também ressaltou esse termo científico adequadamente.

Para além das palavras de cunho científico, vale ressaltar que a linguagem metafórica empregada para explicar o coração estelar no capítulo 3 também foi considerada na resposta da dupla Y, permitindo-nos refletir como tal comparação trabalhada em sala de aula contribuiu para a compreensão do conteúdo abordado. Esse tipo de resposta foi ao encontro

do objetivo dessa etapa, visto que indica a ocorrência de algum aprendizado sobre os conteúdos científicos “nascimento e nucleossíntese estelar” por meio de um material literário. Além disso, o trio Z, por sua vez, utilizou a expressão “juntos e *shallow now*” de maneira bastante oportuna, assim como a professora havia mencionado em aula; permitindo-nos inferir que os alunos sentiram-se à vontade para responderem sem a rigidez que uma transcrição de fragmentos poderia trazer. Nesse sentido, ressaltamos a importância da interação social para a construção do conhecimento (VYGOTSKY, 1999) e, portanto, consideramos a sala de aula como um espaço de discussões e reflexões (MOREIRA, 2011).

Etapa 5- Contação de história e Interpretação de texto 4 (2 hora/ aula)

Inicialmente, a professora recapitulou os eventos mais marcantes do texto 3 e, logo após, distribuiu o capítulo 4 (Química do bem). Dessa maneira, começou a contação de história do texto 4, que é o capítulo no qual a personagem Neutrina é apresentada ao conceito de evolução química do universo. Na ocasião, a menina entende que as estrelas que nascem primeiro contribuem para o nascimento de outras com elementos químicos ainda mais pesados. Assim sendo, ela compreende a relevância da cooperação para a existência estelar e, analogamente, reflete sobre a importância de atitudes boas na humanidade; todavia, vale destacar que Neutrina ainda não sabe como ocorre essa transição de gerações estelares.

Após a contação de história desse quarto capítulo, a professora entregou a PC-4 (Pergunta do Capítulo 4) – Atividade 6, página 171 - para as equipes. A seguir, todas as respostas coletadas nessa atividade e uma breve discussão feita à luz do referencial teórico desta pesquisa.

PC4: Atividade 6- Pergunta Capítulo 4

- ✓ PC4-No trecho: “E, com essa riqueza toda de elementos na Evolução Química, acho que as gerações de estrelas são tipo gente do bem, gente disposta a ajudar, rolou uma química do bem no universo...”, Neutrina compara as gerações de estrelas às pessoas do bem. Na sua opinião, o que ela quis dizer com isso? O que caracteriza alguém como uma pessoa do bem?

Respostas dos alunos:

Dupla X: “Neutrino quis dizer que as estrelas dão os elementos químicos delas para fazer bem a ela. Uma pessoa do bem é uma pessoa que faz coisas boas e agradece as estrelas por dar os elementos químicos para todo mundo existir.”

Dupla Y: “As gerações de estrelas parecem pessoas do bem porque as estrelas que nascem primeiro doam os elementos químicos delas para ajudar a fazer novas estrelas com outros elementos que são diferentes. Isso é importante para formar a Terra e todas as pessoas. Na minha opinião, a pessoa do bem não faz mal para o próximo, doa roupa e ajuda as crianças que moram na rua.”

Trio Z: “As estrelas doam os elementos químicos para formar outras estrelas que vão usar esses elementos para fazer outros elementos químicos mais pesados para formar o mundo. As pessoas do bem fazem coisas boas como as estrelas, elas ajudam as pessoas que precisam de comida, doa comida, doa sangue, não bate na mulher, não bate nas crianças, etc.”

Ao ler essa questão com os alunos, a professora enfatizou sobre a importância deles expressarem suas próprias opiniões, não sendo viável responder apenas com fragmentos do texto. Feito isso, os discentes responderam a questão e, como podemos verificar, todas as respostas discorrem sobre o conteúdo científico trabalhado- Evolução Química- sob o ponto de vista semântico no que tange à colaboração. Essa articulação vai ao encontro do proposto no capítulo 4, o qual dispõe da linguagem poética para estabelecer uma relação comparativa entre a Evolução Química do universo e o comportamento humano em prol do outro.

Averiguando ainda mais detalhadamente, temos que a dupla X não considerou, necessariamente, as gerações das estrelas em sua resposta, visto que o conceito de Evolução Química foi relacionado apenas ao fornecimento direto dos elementos químicos das estrelas para a existência humana. Já a dupla Y e o trio Z foram bem exitosos ao mencionarem a formação de novos elementos químicos a partir da colaboração de estrelas mais antigas.

De forma geral, podemos inferir que, seja no âmbito da Evolução Química do universo ou nas relações interpessoais, os discentes consideraram a importância de ações colaborativas em suas respostas. Além de expressarem sua opinião diante do contexto desenvolvido no capítulo quatro, é interessante notar que os alunos responderam esta atividade fazendo também menção às situações mais abrangentes da sociedade, tais como doações de sangue, de roupas, de alimentos, bem como comportamentos não violentos contra mulheres e crianças. Essas articulações apontam para indícios de uma Aprendizagem de Ciências numa perspectiva

de Educação em Direitos Humanos- EDH, visto que, segundo Candau e colaboradores (2013), a EDH visa desenvolver valores e fortalecer atitudes e comportamentos que respeitem os Direitos Humanos (CANDAUI et al., 2013).

Diante do exposto, consideramos que o objetivo dessa etapa foi cumprido, pois esta buscava corroborar para a compreensão semântica quanto à reflexão da personagem Neutrina sobre ações cooperativas; bem como promover o aprendizado do conteúdo científico “evolução química do universo” por meio de uma transposição didática adequada.

Etapa 6- Contação de história e Interpretação de texto 5 (2 hora/ aula)

Para o começo da aula, a professora relembrou os principais fatos do texto 4. Feito isso, entregou o capítulo 5 (Bem no interior) e iniciou a contação de história: No capítulo 5, a personagem Neutrina e seu amigo acompanham a formação de diferentes elementos químicos dentro da estrela. No desenvolvimento do enredo, a menina não está mais na posição de uma observadora que se encontra do lado de fora de uma estrela, pois, dessa vez, ela entra no coração estelar. Ao caminhar pelo interior de uma gigante vermelha, além de ver a diversidade de elementos químicos, Neutrina exercita sua paciência esperando essa estrela se tornar uma supernova. Nesse processo, a menina tem uma oportunidade mais acentuada de sentir uma pequena amostra do que a estrela “sente” em termos físicos (ação da gravidade, aumento de temperatura, pressão etc.). No final do capítulo, o leitor se depara com o clímax do livro: as fusões nucleares da gigante vermelha estão na iminência de cessarem e, finalmente, essa estrela vai se tornar uma supernova para que a personagem Neutrina faça o seu tão esperado pedido de substituição dos átomos do seu corpo por outros que ainda estão dentro daquela estrela.

Como o conteúdo científico desse capítulo do livro é bastante denso, lemos sobre os elementos químicos mais abundantes no corpo humano recorrendo ao quadro para explicações mais detalhadas: esquematizamos algumas estruturas do organismo e fomos preenchendo-as com desenhos de átomos referentes aos elementos químicos correspondentes. Isso foi feito da seguinte forma: A professora desenhou o contorno de uma figura humana no quadro; dentro desse contorno, desenhou um osso no que seria a perna desse ser humano; dentro do osso, ela desenhou um átomo e perguntou aos alunos que elemento químico faz parte daquele osso. Dessa forma, o desenho da figura humana foi sendo preenchido com cada vez mais partes internas, pois esse procedimento foi sendo repetido com outras representações, tais como o sangue, os dentes, os músculos e o pulmão da figura humana desenhada no quadro. Dessa

maneira, os elementos químicos mais abundantes do corpo humano foram bastante trabalhados em sala de aula, de acordo a ênfase proposta nesse capítulo do livro.

Após a contação de história e as devidas explicações no quadro, a professora entregou a PC-5 (Pergunta do Capítulo 5) – Atividade 7, página 172 - para as equipes. A seguir, todas as respostas coletadas nessa atividade e uma breve discussão feita à luz do referencial teórico desta pesquisa.

PC5: Atividade 7- Pergunta Capítulo 5

- ✓ PC5- No capítulo 5, o narrador compara o coração estelar à estrutura de uma cebola. Considerando tal comparação, descreva o interior de uma estrela.

Respostas dos alunos:

Dupla X: “Dentro da estrela acontecem muitas fusões de um núcleo com outro. As fusões acontecem nas camadas da estrela porque começa com a camada de fora onde tem fusão de hidrogênio, aí vai fazendo outros elementos químicos mais pesados que ficam mais nas partes de dentro da estrela. A cebola é porque ela tem camadas (casca em cima de casca).”

Dupla Y: “O coração da estrela é como uma cebola porque tem várias camadas. Todas as camadas tem fusão nuclear para formar os elementos químicos mais pesados. Primeiro o hidrogênio faz fusão na camada de fora e forma o hélio, depois forma o carbono na camada de dentro e depois forma outros elementos químicos nas camadas mais de dentro e forma o ferro por último que fica na camada mais de dentro do que as outras.”

Trio Z: “Tem muitas partes na estrela, mas elas existem porque as fusões acontecem nelas. As partes do coração da estrela são como as camadas da cebola. Funciona assim dentro da estrela: nas partes mais de fora tem os hidrogênios se juntando para formar o elemento químico hélio. Dentro acontece mais fusão que forma elementos químicos mais pesados, tem carbono, oxigênio, nitrogênio, etc. A fusão acontece até formar ferro.”

Assim como observado no capítulo 4 do livro, o capítulo 5 também é bastante denso quanto à quantidade de conteúdo. Portanto, essa foi mais uma questão em que a professora enfatizou sobre a importância dos alunos responderem com suas próprias palavras. De maneira geral, todas as respostas foram exitosas na comparação proposta (interior estelar com

a estrutura de uma cebola), visto que a centralidade buscada na questão foi devidamente citada e descrita: a existência de camadas estabelecidas pelas fusões nucleares, formando elementos químicos de núcleos cada vez mais massivos. Além disso, fazendo uma análise mais detalhada e comparativa das respostas, notamos uma crescente quanto ao conhecimento dos nomes dos elementos químicos formados nas camadas: a dupla X citou apenas os elementos hidrogênio e hélio; enquanto a dupla Y mencionou também a formação do carbono e do ferro; e o trio Z, por sua vez, considerou também os elementos oxigênio e nitrogênio, demonstrando um pouco mais de conhecimento em relação aos nomes dos elementos químicos mais massivos que se formam nas camadas internas do interior estelar.

Com as respostas obtidas, verificamos indícios de um aprendizado sobre a vida estelar: Os alunos demonstraram compreensão em relação à estrutura interna das estrelas, suas camadas demarcadas por diferentes fusões nucleares, quais os átomos que estão sendo formados nessas camadas etc.; portanto, consideramos que o objetivo dessa etapa também fora cumprido.

Etapa 7- Contação de história e Interpretação de texto 6 (2 hora/ aula)

No início da aula, o professor fez uma breve revisão dos acontecimentos mais relevantes do texto 5 e, em seguida, distribuiu o capítulo 6 (Estrelas também falam). Feito isso, iniciou a contação de história: Por meio da representatividade da personagem Neutrina, o capítulo 6 apresenta o desfecho da missão Astroquímica apontando para a valorização do adolescente. Reconhecendo a beleza de ser humana, a menina volta para casa e escreve uma nova poesia, a qual expressa seu novo olhar sobre as pessoas, sobre a vida e sobre si mesma.

Em especial, destacamos que os alunos demonstraram-se surpresos ao perceberem que a estrela explodiu. Podemos notar isso em algumas falas, as quais encontram-se transcritas a seguir:

“Isso tudo pra estrela morrer no final.”

Outro aluno ainda disse:

“Sem graça.” (se referindo à hipótese do livro apresentar um final triste).

A professora aproveitou esse momento para promover breves reflexões, então disse:

“será que um sonho acaba assim? E se acabasse, será que todo o caminho que Neutrina andou pra chegar na estrela não valeria de nada? Ela não aprendeu nada com isso?”

Um aluno então disse:

“Aprendeu um monte de coisa, viu muita coisa diferente, mas não conseguiu o que ela mais queria.”

A professora fez o seguinte comentário:

“Deixa eu fazer uma observação com vocês então... me permita mudar a ordem dessa frase sua da seguinte maneira, oh: Não conseguiu o que ela mais queria, mas aprendeu um monte de coisa, viu muita coisa diferente.”

Complementou a professora:

“Vamos tentar olhar com mais positividade pras coisas. Eu sei que não é fácil, mas isso faz muita diferença na nossa vida e, além disso, o livro ainda não terminou, vamos ver como será esse final sinistro aí.”

Dito isso, a professora prosseguiu com a contação de história desse último capítulo e, ao término, notou que a turma, em geral, demonstrou certa insatisfação com o desfecho da história- Neutrina não conseguiu refazer o seu corpo:

“Eu queria que ela conseguisse.” Disse um aluno.

“E ainda por cima a estrela morreu.” Comentou outro aluno.

“Mas se as estrelas não morressem, Neutrina não ia nascer.” Falou mais um aluno.

Então a professora disse que o um final feliz nem sempre é o que todos esperam e prosseguiu em sua fala, conforme transcrito a seguir:

“Embora Neutrina não tenha conseguido refazer o seu corpo físico, ela conseguiu se ver mais forte e ainda se sentiu amada. Então por que eu chamaria esse final de triste feliz? Além disso, as atitudes que Neutrina pode ter depois dessa viagem podem ajudar a ter uma vida mais alegre, e até mais justa, porque se algo de ruim aconteceu com ela, ela vai ser corajosa pra falar pra pessoa certa. O que vocês estão pensando agora são coisas que Neutrina pode ter pensado também, mas viu só como ela escreveu um poema falando coisa boa no final? Ela disse que o poeta faz arte e refaz! Embora o corpo dela não esteja refeito, a esperança dela foi refeita, foi renovada.”

Dito isso, a professora entregou a PC-6 (Pergunta do Capítulo 6) – Atividade 8, página 173 - para as equipes. A seguir, todas as respostas coletadas nessa atividade e uma breve discussão feita à luz do referencial teórico desta pesquisa.

- ✓ PC6- No capítulo 6, Neutrina finalmente encontra uma supernova. Com isso, ela lembrou alguns trechos da poesia, cujo título é o seu próprio nome- Neutrina. “Aqui jaz uma estrela” foi um dos versos recordados pela menina. Depois de tantas etapas na missão, como podemos relacionar esse verso com o título da poesia?

Respostas dos alunos:

Dupla X: O verso é parecido com as coisas de cemitério porque a estrela morreu quando explodiu. Neutrina vive por causa desse cemitério.

Dupla Y: O título da poesia quer dizer que ela foi feita para Neutrina. Não tinha mais fusão no coração da estrela por isso a estrela morreu. Mas Neutrina existe porque isso aconteceu.

Trio Z: Significa que a estrela explodiu. Os elementos químicos da estrela da poesia estão no corpo de Neutrina para ela ser feliz com a estrela dentro dela.

Considerando que o intuito da Etapa 6 era corroborar para a compreensão da relação entre ciência e arte abordada no livro, bem como promover o aprendizado do conteúdo científico “morte estelar”, podemos dizer que os resultados obtidos, além de indicarem cumprimento desses objetivos, também demonstraram saberes ainda mais amplos por parte do aluno:

Primeiramente, podemos verificar que as respostas estão de acordo com o assunto referente à morte estelar, nos permitindo inferir que os discentes interpretaram o verso poético considerando o conhecimento científico embutido no pano de fundo da poesia. Ainda no campo da ciência, temos que todas as respostas relacionaram a morte estelar à existência humana da personagem Neutrina, a qual foi retratada com palavras como “vive” (dupla X); “corpo” (dupla Y); e “existe” (trio Z).

Quanto à valorização do ser humano, é interessante ressaltar o conceito de dignidade que, segundo Immanuel Kant, é uma qualidade inerente aos seres humanos enquanto sujeitos morais (KANT, 1995 apud WEYNE, 2008). Nesse sentido, a partir de uma segunda leitura das respostas, podemos destacar as seguintes observações: A dupla X menciona a palavra “cemitério” e “vive” na mesma frase. Dessa forma, a contradição morte-vida é reforçada pelo impacto semântico que a figura de um cemitério pode proporcionar, colocando o ser humano numa posição de potencial reflexão sobre sua condição existencial. Na resposta da dupla Y, por sua vez, notamos uma referência de dedicação e cuidado em prol do outro, haja vista que a dupla considerou que a poesia foi escrita para a personagem Neutrina. Já o trio Z utiliza a expressão “ser feliz” como uma finalidade da existência do corpo de Neutrina, o que nos permite inferir que, para eles, o ser humano existe para ser. Ser feliz. Tal consideração reafirma o valor do homem sobre si mesmo, visto que, de acordo com Kant, o ser humano

possui dignidade e, portanto, não deve ser utilizado como instrumento de outrem (KANT, 1995 apud WEYNE, 2008).

Por fim, na relação ciência e arte, vale destacar que, segundo Ildeu de Castro Moreira, “ciência e poesia pertencem à mesma busca imaginativa humana, embora ligadas a domínios diferentes de conhecimento” (MOREIRA, 2002). Nessa perspectiva, foi interessante notar a presença de traços poéticos nas respostas, tal como um dos exemplos no parágrafo supracitado- palavras “cemitério” e “vive” utilizadas na mesma frase pela dupla X. Essa frase, inclusive em seu processo de construção, tem o potencial de tirar o aluno de sua possível zona de conforto, provocando reflexões para além do conteúdo científico. Isso porque, segundo Vygotsky, a arte suscita emoções contraditórias e é justamente a superação dessa contradição que provoca um salto qualitativo, uma nova organização psíquica (VYGOTSKY, 1999). Feitas tais observações, podemos verificar a relevante contribuição da arte para a ampliação da cosmovisão do aluno sobre a existência humana.

De maneira geral, ao analisar as atividades de interpretação de texto (PC) distribuídas ao longo das aulas, demos maior destaque aos nossos próprios comentários feitos à luz do suporte teórico dessa pesquisa. Contudo, a fim de proporcionar um fechamento ainda mais compreensível, utilizamos a referência de análise de conteúdo de Bardin (2009) para organizar as investigações feitas de acordo com a base teórica trabalhada, conforme podemos verificar no Quadro 5.

Quadro 5- Categorizações das US recortadas na análise das respostas dos alunos às atividades de interpretação de texto ao longo do bimestre (PC), bem como seus respectivos exemplos.

Categorização	US recortadas
Educação em Direitos Humanos (Edh)	<p>Total de US: 3</p> <p>Exemplos:</p> <p>Dupla Y (referente ao capítulo 1): “Eu acho que alguém tinha machucado muito ela quando era criança porque ela quer ter outro corpo sem marca nenhuma.”</p> <p>Dupla Y (referente ao capítulo 4): “As gerações de estrelas parecem pessoas do bem porque as estrelas que nascem primeiro doam os elementos químicos delas para ajudar a fazer</p>

	<p>novas estrelas com outros elementos que são diferentes. Isso é importante para formar a Terra e todas as pessoas. Na minha opinião, a pessoa do bem não faz mal para o próximo, doa roupa e ajuda as crianças que moram na rua.”</p> <p>Trio Z (referente ao capítulo 4): “As estrelas doam os elementos químicos para formar outras estrelas que vão usar esses elementos para fazer outros elementos químicos mais pesados para formar o mundo. As pessoas do bem fazem coisas boas como as estrelas, elas ajudam as pessoas que precisam de comida, doa comida, doa sangue, não bate na mulher, não bate nas crianças, etc.”</p>
<p>Interação Social (Is)</p>	<p>Total de US: 1</p> <p>Exemplo:</p> <p>Trio Z (referente ao capítulo 3): “A poeira que saiu com a explosão do Big Bang tinha átomo. Eles se juntaram por causa da gravidade e isso formou nuvens. Essas nuvens cresceram porque tinha muita poeira e ficaram muito quentes fazendo os átomos que estavam na poeira se juntarem mais. Tinha hidrogênio lá dentro que se juntou pelo núcleo, eles ficaram juntos e shallow now porque é assim que nasce uma estrela [o aluno desenhou um <i>emotion</i> de um sorriso neste espaço]. Quando os átomos misturam um núcleo com outro, a estrela nasceu e tinha muita energia com luz.”</p>
<p>Ciência e arte (Ca)</p>	<p>Total de US: 2</p> <p>Exemplos:</p> <p>Dupla X (referente ao capítulo 6): O verso é parecido com as coisas de cemitério porque a estrela morreu quando explodiu. Neutrino vive por causa desse cemitério.</p>

	<p>Dupla Y (referente ao capítulo 6): O título da poesia quer dizer que ela foi feita para Neutrino. Não tinha mais fusão no coração da estrela por isso a estrela morreu. Mas Neutrino existe porque isso aconteceu.</p>
<p>Astroquímica (As)</p>	<p>Total de US: 3</p> <p>Exemplos:</p> <p>Dupla X (referente ao capítulo 1): “O corpo de Neutrino foi feito de um material que veio das estrelas que estão no céu. O nome desse material é átomos.”</p> <p>Trio Z (referente ao capítulo 2): “Um átomo tem prótons e nêutrons dentro do núcleo, tem partes pequenas como os quarks (partículas elementares) e elétrons do lado de fora.”</p> <p>Trio Z (referente ao capítulo 5): Tem muitas partes na estrela, mas elas existem porque as fusões acontecem nelas. As partes do coração da estrela são como as camadas da cebola. Funciona assim dentro da estrela: nas partes mais de fora tem os hidrogênios se juntando para formar o elemento químico hélio. Dentro acontece mais fusão que forma elementos químicos mais pesados, tem carbono, oxigênio, nitrogênio, etc. A fusão acontece até formar ferro.</p>

Fonte: Elaboração própria.

Etapa 8- Encontro final (2 hora/ aula)

Nesse encontro final, os alunos fizeram as duas atividades propostas - a saber, as mesmas que foram utilizadas para a coleta de concepções prévias: desenho e questionário. Além disso, os discentes avaliaram a sequência didática aplicada durante as aulas. O objetivo geral dessa etapa foi identificar se houve indícios que apontassem para a ocorrência de uma Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos e, também, realizar uma avaliação sobre a relevância da sequência didática aplicada.

Atividade 1- Desenho

Assim como na Etapa 1, esse momento contou com aquelas mesmas perguntas sobre a representação do ser humano em seu processo de reconhecimento enquanto sujeito de direitos. A professora entregou a Atividade 1 (páginas 164 e 165) para cada aluno e distribuiu distribuídos lápis de variadas cores. Feito isso, ela leu, juntamente com os discentes, os questionamentos apresentados na Atividade 1. Tratam-se de duas perguntas que solicitam respostas ilustrativas, ou seja, essa atividade deveria ser respondida por meio de desenhos. O objetivo específico dessa atividade foi, depois de todo conteúdo trabalhado em aula, colher as considerações dos discentes sobre o que eles entendem por “corpo humano” e, também, sobre o que os Direitos Humanos representam para eles. Assim sendo, cada aluno realizou a tarefa proposta individualmente.

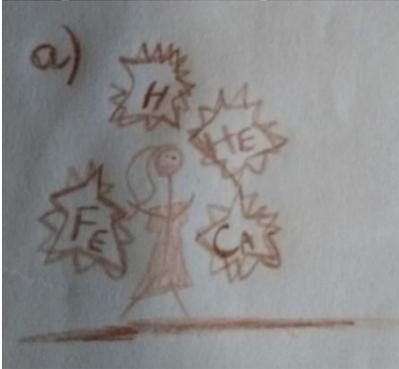
De acordo com a análise de conteúdo proposta por Bardin (2009), a qual encontra-se descrita na metodologia deste trabalho, deu-se início a avaliação das respostas ilustradas dadas pelos alunos às duas questões da Atividade 1. Com o intuito de categorizar os elementos identificados, foram recortadas US dos desenhos feitos pelos discentes. Vale destacar que as categorias não foram estabelecidas previamente, estas foram criadas a partir dos recortes das US. Além disso, o tipo de US característica da análise de conteúdo escolhida para recorte foi em relação a um tema; ou seja, uma afirmação sobre um assunto. No caso, como são respostas não textuais, visto que foram elaboradas por meio de desenhos, atribuímos à essa análise considerações de Luquet (1969) sobre o desenho infantil. A seguir, encontram-se as duas questões que constituem a Atividade 1:

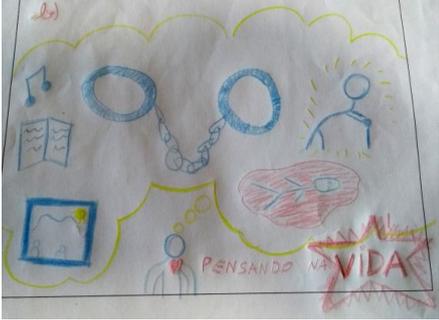
- ✓ Questão a): “Para você, o que significa o corpo humano?”
- ✓ Questão b): “E, quanto aos Direitos Humanos, o que eles representam para você?”

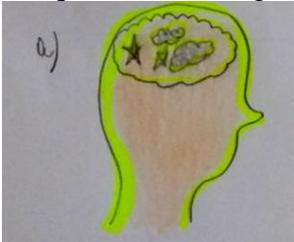
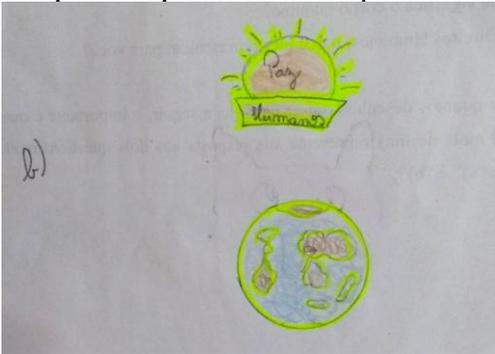
Após análise minuciosa dos desenhos feitos pelos alunos em resposta às questões supracitadas, foram propostas categorizações conforme descrito no Quadro 6.

Quadro 6- Categorizações das US recortadas em resposta à Atividade 1 (desenho) da Etapa 8.

Categorização	US recortadas
Respeito às diferenças	Total de US: 1

(Rd)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 26- Foto do desenho feito pelo aluno 1 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>
<p>Aspectos Astroquímicos (Aas)</p>	<p>Total de US: 2</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 27- Foto do desenho feito pelo aluno 2 em resposta à questão “a” do questionário final.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 28- Foto do desenho feito pelo aluno 4 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>
Complexidade social	Total de US: 1

(Cs)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 29- Foto do desenho feito pelo aluno 2 em resposta à questão “b” do questionário final.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>
<p>Liberdade de expressão</p> <p>(Le)</p>	<p>Total de US: 2</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 30- Foto do desenho feito pelo aluno 3 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 31- Foto do desenho feito pelo aluno 5 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>
Aspectos	Total de US: 1

<p>emocionais (Ae)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 32- Foto do desenho feito pelo aluno 6 em resposta à questão “a” do questionário final.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>
<p>Aspectos ideológicos (Ai)</p>	<p>Total de US: 1</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 33- Foto do desenho feito pelo aluno 6 em resposta à questão “b” do questionário final  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>
<p>Valorização da mulher (Vm)</p>	<p>Total de US: 1</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 34- Foto do desenho feito pelo aluno 7 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>

Fonte: Elaboração própria.

A seguir, enquanto comentamos sobre os critérios de classificação das categorias apresentadas no Quadro 6, traremos uma análise comparativa entre esses resultados e os desenhos recolhidos na primeira etapa da sequência didática. De acordo com o Quadro 6, podemos verificar que foram criadas sete categorias nesse último encontro: Aspectos astroquímicos (Aas); Complexidade social (Cs); Respeito às diferenças (Rd); Liberdade de expressão (Le); Aspectos emocionais (Ae); Aspectos ideológicos (Ai); e Valorização da mulher (Vm). De forma geral, comparando os dois quadros de categorizações (etapa de concepções prévias e encontro final), algumas verificações saltaram aos nossos olhos. Primeiramente, temos que o número de categorizações aumentou (de cinco para sete), bem como o número de desenhos feitos em respostas conjugadas (na primeira etapa, apenas um desenho correspondia às questões 1 e 2 ao mesmo tempo; enquanto que, nesse último encontro, quatro desenhos foram elaborados dessa forma). Essas observações nos permitem inferir que os discentes consideraram várias outras esferas da vida humana nessa última etapa da sequência didática e, de maneira ainda mais acentuada, representaram um ser humano imbuído de complexidades no meio em que vive.

Segundamente, vimos que a categorização com maior número de respostas na primeira etapa foi a de Direitos civis (Dc); contudo, no Quadro 6, entendemos que esta teve sua representatividade agregada à outros conceitos e, por conseguinte, tal categoria foi dissipada de forma a ser contemplada em novas categorias de temas correlacionados. Podemos inferir que isso ocorreu porque o desenvolvimento do conteúdo trabalhado viabilizou uma ampliação da visão de mundo sobre o que são os Direitos Humanos, visto que, apesar de incluírem direitos cívicos fundamentais como o direito de estudar e o direito de ir e vir, os Direitos Humanos estão intrinsecamente ligados ao conceito de dignidade humana, dando margem para a criação de outras categorizações de assuntos subjetivos, tais como, por exemplo, a categoria Valorização da mulher (Vm).

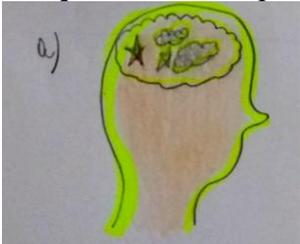
Terceiramente, analisamos que a categoria dos aspectos ideológicos representava conceitos mais amplos na primeira etapa, tais como paz, liberdade e sonhos. Entretanto, compreendemos que essa categoria desmembrou-se em outras ainda mais aprofundadas no Quadro 6: “Valorização da mulher (Vm)”; “Liberdade de expressão (Le)”; e “Respeito às diferenças (Rd)”, trazendo, assim, significados mais específicos a partir de uma integração entre os direitos civis e os aspectos ideológicos identificados nas concepções prévias (Quadro 2). Dessa maneira, presumimos que as ideologias não foram colocadas apenas de maneira abstrata no Quadro 6, mas sim que foram demonstradas em situações pontuais-

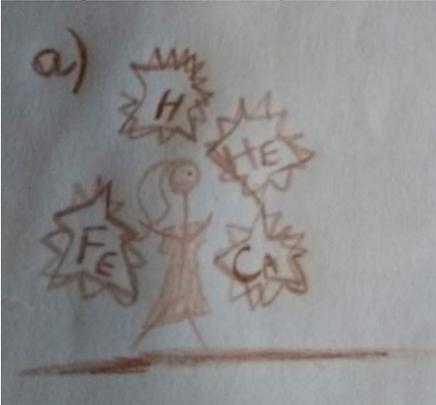
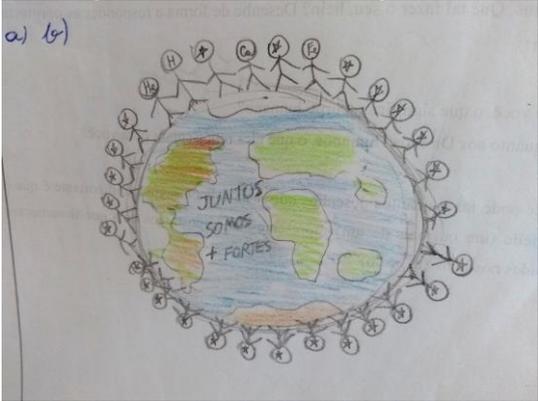
representatividade feminina, liberdade de expressão e respeito para com o corpo em suas mais variadas formas.

Por último, queremos ressaltar que foi muito interessante identificar uma categoria referente ao assunto científico discutido nas aulas: “Aspectos astroquímicos (Aas)”. Esta foi gerada mediante à verificação da representatividade que os elementos químicos tiveram nos desenhos dessa última etapa. Além disso, mesmo que algumas características tenham sido predominantes para classificar outros desenhos em diferentes categorias, é possível notar a presença de traços que fazem menção ao contexto estelar em situações como: as tatuagens no braço do menino (Figura 31 do Quadro 6, categoria “Le”); a frase motivacional (Figura 34 do Quadro 6, categoria “Vm”); e estrela na mente humana (Figura 32 do Quadro 6, categoria “Ae”)- este último, por exemplo, se comparado à mesma categoria (Ae) da primeira etapa (Figura 23 do Quadro 2), veremos que o mesmo aluno que antes havia desenhado um cérebro (representação da razão) e um coração (representação do sentimento), agora considerou a representação estelar na sua ilustração.

Além das categorizações temáticas do Quadro 6, conforme é sabido, atribuímos à essa análise considerações de Luquet (1969) sobre o desenho infantil. Isso porque o desenho infantil é considerado uma expressão gráfica enxertada de sentidos, visto que nele a criança utiliza-se de múltiplos caminhos para registrar percepções, conhecimentos, emoções, vontade, imaginação, memória etc. (FERREIRA, 2001). Para tanto, criamos novas categorias ao identificar US de acordo com o Realismo intelectual de Luquet, conforme podemos verificar no Quadro 7.

Quadro 7- Categorizações das US recortadas em resposta à Atividade 1 (desenho) da Etapa 8, segundo o Realismo intelectual de Luquet.

Categorização	US recortadas
<p>Transparência (Tp)</p>	<p>Total de US: 2</p> <p>Exemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 32- Foto do desenho feito pelo aluno 6 em resposta à questão “a” do questionário final. <div data-bbox="791 1774 1091 2018" style="text-align: center;">  </div> <p>Fonte: Elaboração própria.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 29- Foto do desenho feito pelo aluno 2 em resposta à questão “b” do questionário final.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>
<p>Legenda (Lg)</p>	<p>Total de US: 6</p> <p>Exemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 27- Foto do desenho feito pelo aluno 2 em resposta à questão “a” do questionário final.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 28- Foto do desenho feito pelo aluno 4 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>

- **Figura 34-** Foto do desenho feito pelo aluno 7 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.



Fonte: Elaboração própria.

- **Figura 30-** Foto do desenho feito pelo aluno 3 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.

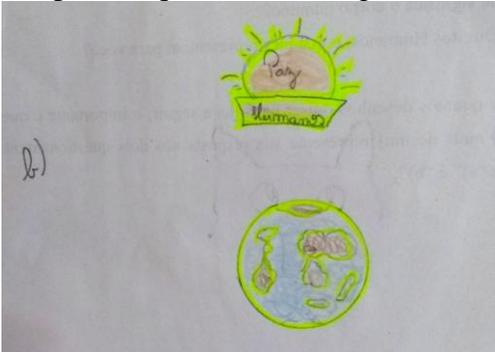


Fonte: Elaboração própria.

- **Figura 31-** Foto do desenho feito pelo aluno 5 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.



Fonte: Elaboração própria.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 33- Foto do desenho feito pelo aluno 6 em resposta à questão “b” do questionário final  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>
<p>Projeção (Pj)</p>	<p>Total de US: 1</p> <p>Exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Figura 26- Foto do desenho feito pelo aluno 1 em resposta às questões “a” e “b” do questionário final.  <p>Fonte: Elaboração própria.</p>

Fonte: Elaboração própria.

Tanto para as concepções prévias como para essa etapa final, consideramos o Realismo intelectual para complementar as análises porque, nesse estágio, há a representação dos objetos pelo conhecimento intelectual (LUQUET, 1969, apud PILLOTTO et al., 2004). Dessa maneira, além das categorizações feitas no Quadro 6, também foram criadas três outras categorias para as respostas da Atividade 1: Transparência (Tp); Legenda (Lg) e Projeção (Pj), conforme descrito no Quadro 7. Para a categoria Tp, consideramos a transparência que os alunos retrataram em seus desenhos, mas vimos que, diferentemente da etapa 1 em que os aspectos biológicos foram ressaltados, essa nova transparência enfatizou apenas a mente humana. Contudo, em sua representação, esta foi enxertada de experiências cotidianas, realidade social e conhecimento científico. Na análise do desenho infantil por Luquet, a transparência reproduz objetos que estariam encobertos, tais como órgãos sob a pele e móveis

através da parede (LUQUET, 1969, apud PILLOTTO et al., 2004). Sendo assim, podemos inferir o que o aluno desenhou o que vê e, também, o que não está presente externamente, ou seja, demonstrou refletir sobre o ser humano imbuído de complexidades, estudos e vivências.

Outra notoriedade do Realismo Intelectual é a utilização de “legendas nos desenhos para nomear os objetos, o que faz com que o nome passe a ser uma característica essencial do objeto, tal como as suas partes” (PILLAR, 1996, p. 49). Nesse sentido, vimos que alguns desenhos apresentavam elementos textuais, tornando-os parte da ilustração. Assim, a categoria Lg foi estabelecida porque identificamos que o aluno se valeu do suporte textual para elaborar seu desenho (LUQUET, 1969), e essa foi a maneira de demonstrar seu conhecimento astroquímico, assim como seu entendimento sobre a valorização humana contida na mulher, na liberdade de expressão e no seu anseio por paz mundial.

No estágio do Realismo Intelectual, observa-se, também, que a criança delibera os objetos no espaço levando em consideração suas posições, distâncias e proporções a partir de uma base referencial (LUQUET, 1969, apud PILLOTTO et al., 2004). Nesse sentido, foi interessante notar que a etapa final trouxe uma categoria que não havia sido identificada nas concepções prévias: a Projeção (Pj). Essa categorização surgiu ao verificarmos que o aluno construiu relações projetivas em seu desenho (LUQUET, 1969, apud PILLOTTO et al., 2004), estabelecendo a noção de diferentes planos e profundidade relativos às nuances do corpo humano- em especial, o feminino. Contando ainda com o auxílio de uma legenda (“Respeita meu corpo”), o discente se colocou em seu lugar de fala quanto ao respeito ao corpo da mulher, independente da morfologia que este apresenta.

Atividade 2- Questionário

Da mesma maneira como ocorreu na Etapa 1, essa atividade consiste em um questionário individual de perguntas abertas (Atividade 2, disposta na página 166). Tratam-se de três questões sobre a matéria bariônica no âmbito das constituições estelar, atomística e humana. Essa atividade tem como objetivo específico colher as considerações finais dos alunos sobre o conteúdo científico referente à formação química do universo e sua relação com o ser humano enquanto ser material. Para a primeira questão, com o intuito de categorizar os elementos identificados, foram recortadas US das respostas dadas pelos discentes; já para os resultados obtidos na segunda e na terceira questão, geramos gráficos que indicam a frequência com que determinadas respostas foram dadas pelos alunos. Em relação à categorização das respostas da primeira questão, vale dizer que as categorias não foram estabelecidas previamente, mas, sim, criadas a partir dos recortes das US (BARDIN, 2009).

Além disso, convém destacar que o tipo de US escolhida para recorte foi o tema, ou seja, uma afirmação sobre um assunto (BERELSON, 1971 apud BARDIN, 2009).

A aplicação dessa atividade se deu da seguinte maneira: Após recolher os desenhos, a professora entregou o questionário e, assim como feito na atividade anterior, leu as questões em voz audível e reforçou sua afirmação sobre não interferir nas respostas dos discentes. Adiante, será comentada separadamente cada uma das questões que constituem o questionário final, bem como apresentaremos as análises dos resultados obtidos.

✓ Questão 1: “Para você, o que é uma estrela?”

As US recortadas nesta questão consistiam de temas que indicavam a opinião dos alunos quanto às atribuições conceituais do que seria uma estrela e, de acordo com as análises feitas (BARDIN, 2009), essas US originaram quatro categorias: Fusão atômica; Aspectos estéticos; Aspectos afetivos/ religiosos; e Proporcionalidade, conforme podemos verificar no Quadro 8.

Quadro 8- Categorizações das US recortadas na análise das respostas dos alunos à primeira questão do questionário final e seus respectivos exemplos.

Categorização	US recortadas
Fusão atômica	Total de US: 2 <ul style="list-style-type: none"> ▪ “Estrela é uma nuvem de poeira do espaço que se juntou e os átomos (hidrogênio, hélio, carbono, etc) fazem fusão dentro dela até ela explodir” (Aluno 2) ▪ “É uma fusão dos átomos que juntam os núcleos para formar os elementos químicos do mundo.” (Aluno 5)
Aspectos Estéticos	Total de US: 2 <ul style="list-style-type: none"> ▪ “Estrela não é como as pessoas desenham. Tem muitas fusões de um núcleo com outro e isso faz ela parecer uma cebola porque os novos elementos químicos são formados em muitas camadas. (Aluno 3) ▪ “É uma nuvem grande e muito quente que forma muita luz no céu por causa dos átomos dentro dela e a explosão que tem quando ela morre tem muita luz.” (Aluno 1)

Aspectos afetivos/ religiosos	<p>Total de US: 1</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ A estrela nasce e morre e o coração dela funciona até explodir. Deus fez o mundo existir com os elementos químicos das estrelas que explodiram antes.” (Aluno 7)
Proporcionalidade	<p>Total de US: 2</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ “As estrelas são formadas com átomos leves que fazem fusão e formam os elementos químicos mais pesados como o ferro. Essa nuvem cresce e fica maior do que o sol, mas depois ela aperta os elementos químicos e explode.” (Aluno 4) ▪ “É uma nuvem gigante de elementos químicos que se juntam, mas parece pequena porque estamos muito longe dela no espaço.” (Aluno 6)

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com o observado no Quadro 8, a categoria Fusão atômica foi identificada a partir de duas US que indicaram a relação das estrelas com as fusões nucleares. Nessa categoria, as respostas apontaram para uma compreensão do processo de fusão atômica, pois os alunos demonstraram saber como uma estrela se forma, atribuindo esse entendimento conceitual à ideia de “junção” de átomos no interior estelar. Já na categoria Aspectos estéticos, identificamos duas US que descreveram a aparência de uma estrela. O grande diferencial nessas respostas foi o conhecimento científico demonstrado, conforme podemos notar em “Estrela não é como as pessoas desenham. Tem muitas fusões de um núcleo com outro [...]” (aluno 3); ou seja, os alunos consideraram o saber científico em suas descrições, não limitando-as ao senso comum. Além disso, foi interessante notar também a utilização de palavras trabalhadas durante o bimestre - fusões, núcleo, cebola, elementos químicos, camadas, nuvem, átomos, luz, céu, explosão etc. - o que reforçou nossa averiguação quanto ao bom aproveitamento do conteúdo desenvolvido em aula.

A categoria Aspectos afetivos/ religiosos foi a única presente tanto na etapa das concepções prévias como nessa última etapa. Contudo, notamos que dessa vez o aluno correlacionou seu credo religioso à formação química do universo, como observado em: “[...]”

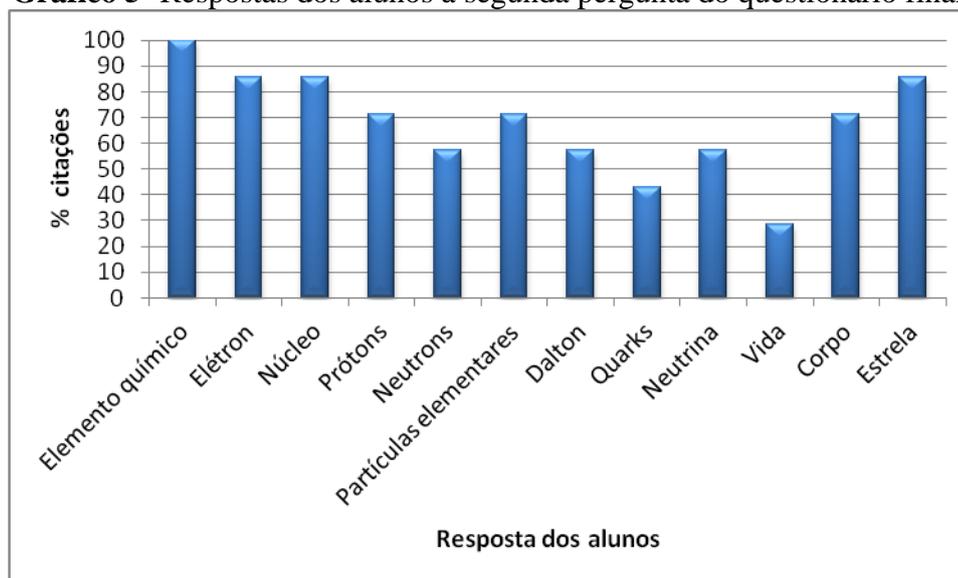
Deus fez o mundo existir com os elementos químicos das estrelas que explodiram antes.” (aluno 7). A partir dessa US recortada, reinteramos a ideia de que a ciência não se apresenta como uma negação do sagrado, mas sim como um caminho que busca explicar os fatos observados de forma científica, cabendo a cada indivíduo interligar- ou não- essas diferentes maneiras de compreender o universo.

A categoria Proporcionalidade, por sua vez, surgiu em decorrência de duas US que estabeleceram algum tipo de comparação em relação ao “tamanho” das estrelas, apresentando-as como grandes ou pequenas. De acordo com as respostas dadas, nos aprouve inferir que os alunos consideraram a ideia de proporcionalidade ao pensarem no que seria uma estrela. Nesse sentido, vimos que foram feitos dois tipos de comparações, uma entre as diferentes gerações estelares; outra no que tange à percepção do observador terrestre que, de acordo com a distância entre as estrelas e o planeta Terra, as observa maiores ou menores no céu. Podemos verificar essas considerações nos seguintes fragmentos das respostas dadas: “[...] Essa nuvem cresce e fica maior do que o sol [...]” (Aluno 4); e “[...] parece pequena porque estamos muito longe dela no espaço.” (Aluno 6).

Adiante, para a análise das perguntas 2 e 3 do questionário final, é importante dizer que estas solicitaram respostas em que o aluno precisavam citar palavras que expressassem seu conhecimento sobre determinado assunto. Visando um melhor aproveitamento dessa atividade, embora não tenhamos estipulado uma quantidade mínima de citações em cada resposta, foi informado aos discentes que eles deveriam se esforçar para mencionar o máximo de palavras possível. Dessa forma, cada aluno citou o quantitativo de palavras/ expressões de sua preferência e; por conseguinte, o Gráfico 5 apresenta a frequência com que cada uma dessas palavras apareceu (% de citações) em relação à totalidade de sete respostas dadas pelos sete discentes (equivalente ao porcentual total de 100%).

✓ Questão 2: “Ao ler a palavra “átomo”, quais outras palavras vem à sua cabeça?”

Nessa questão, os alunos foram perguntados sobre as mais diversas entidades relacionadas ao conceito de átomo, bem como quaisquer outras relações que o discente considere pertinente ao assunto “átomo”. Os dados coletados nessa questão encontram-se no Gráfico 5.

Gráfico 5- Respostas dos alunos à segunda pergunta do questionário final.

Fonte: Elaboração própria.

Sabemos que o entendimento da constituição da matéria faz parte da grade curricular de Ciências da Natureza no último ano do Ensino Fundamental (BRASIL, 2017). Nesse sentido, foi satisfatório analisar os resultados dispostos no Gráfico 5 e verificar que as palavras citadas pelos alunos pertencem a esse contexto de estudo da matéria bariônica. Isso também foi observado nas concepções prévias; contudo, dessa vez, as respostas apresentaram uma maior variedade de palavras pertinentes ao assunto, mostrando mais exemplos de partículas elementares e vinculando a palavra “átomo” à outras mais abrangentes como “vida”, “corpo” e “estrela”. Também foi interessante notar que todos os alunos utilizaram a expressão “elemento químico” em suas respostas, o que não foi nem mencionado na etapa das concepções prévias. Além disso, vimos que as palavras “elétron” e “núcleo” continuaram ocupando o segundo lugar dentre as mais citadas: de acordo com o Gráfico 5, aproximadamente 85% dos alunos mencionaram ambas as palavras nessa etapa final. Todavia, chamamos atenção para o fato de que essa posição encontra-se contígua à citação da palavra “estrela”, a qual não havia sido nem mencionada antes e, exitosamente, apareceu ranqueada juntamente com “elétron” e “núcleo” nessa última etapa.

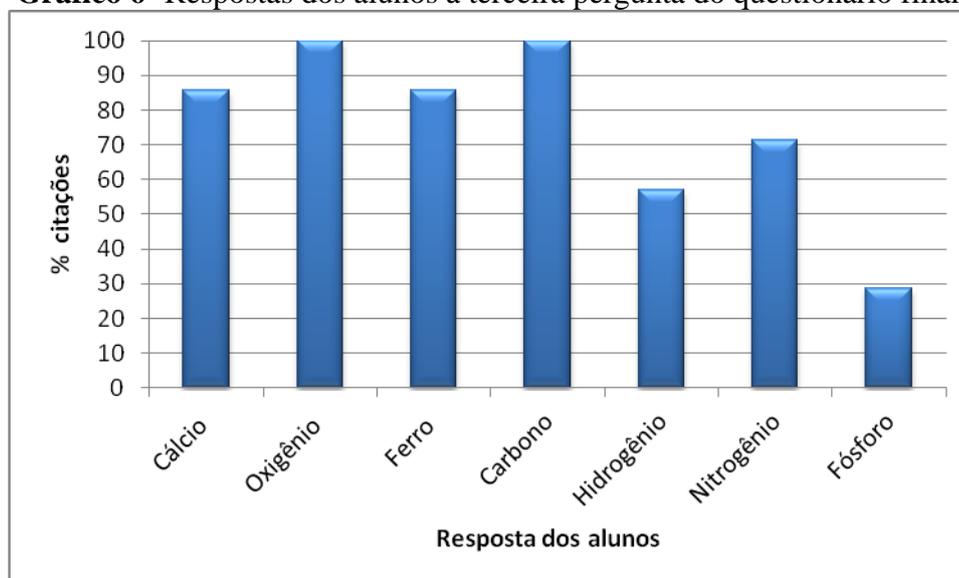
Outra importante observação foi em relação ao surgimento da palavra “Neutrino”, visto que esse foi o nome da principal personagem do livro estudado no bimestre. Mesmo diante da similaridade fonética, reparamos que a palavra “neutrino” não foi citada. Dessa forma, inferimos sobre a possibilidade do aluno não estar muito familiarizado com essa parte do conteúdo, não considerando-o em sua resposta talvez por falta de compreensão do mesmo. De qualquer maneira, esse não seria o foco do livro, mas entendemos que poderíamos aproveitar

mais o nome “Neutrino” para explorar melhor o conceito de neutrino em trabalhos extraclasse (obs.: vimos que seria inviável trabalhar esse conteúdo específico em sala de aula devido à limitação do tempo).

✓ Questão 3: “Quais elementos químicos estão presentes no corpo humano?”

Nessa questão, os alunos foram perguntados sobre a constituição química do corpo humano; contudo, propositalmente, delimitamos o assunto ao solicitar que fossem citados somente os elementos químicos. Os dados coletados nessa questão encontram-se no Gráfico 6.

Gráfico 6- Respostas dos alunos à terceira pergunta do questionário final.



Fonte: Elaboração própria.

Ao analisar o Gráfico 6, nos deparamos com resultados que representam muito bem a ênfase dada nas duas últimas aulas do bimestre, visto que o conteúdo científico dos capítulos 5 e 6 do livro diz respeito principalmente à constituição química do corpo humano. De maneira geral, as respostas compreenderam os elementos químicos mais abundantes no corpo humano, tendo como destaque os elementos “oxigênio” e “carbono”, os quais foram citados por 100% dos discentes; bem como o “cálcio” e o “ferro” que, por sua vez, encontram-se ranqueados em segundo lugar dentre os mencionados. Até mesmo o elemento químico menos citado representa um número significativo: aproximadamente 30% dos alunos consideraram o elemento “ferro” em sua resposta.

Diante dos altos índices de respostas acertivas, acreditamos que a utilização do quadro para desenhar os exemplos descritos no livro foi de grande importância para o aprendizado do

conteúdo científico atrelado à figura do homem enquanto ser material. Nesse sentido, consideramos também um aprimoramento do livro autoral *Estrelas também falam* antes deste ser publicado, visto que a utilização de ilustrações dentro do próprio livro pode ser um bom caminho para a aprendizagem. No mais, compreendemos também que o êxito dos resultados obtidos talvez tenha a ver com o fato desse conteúdo ter sido trabalhado há apenas duas aulas antes da aplicação do questionário final. De qualquer forma, vale ressaltar que, diferentemente do ocorrido na etapa das concepções prévias, nenhum aluno respondeu erroneamente a questão 3 nessa etapa final; de fato, alguns citaram mais elementos químicos do que outros, mas todas as respostas estavam de acordo com o conteúdo desenvolvido em aula.

5.3 Análise da avaliação da sequência didática

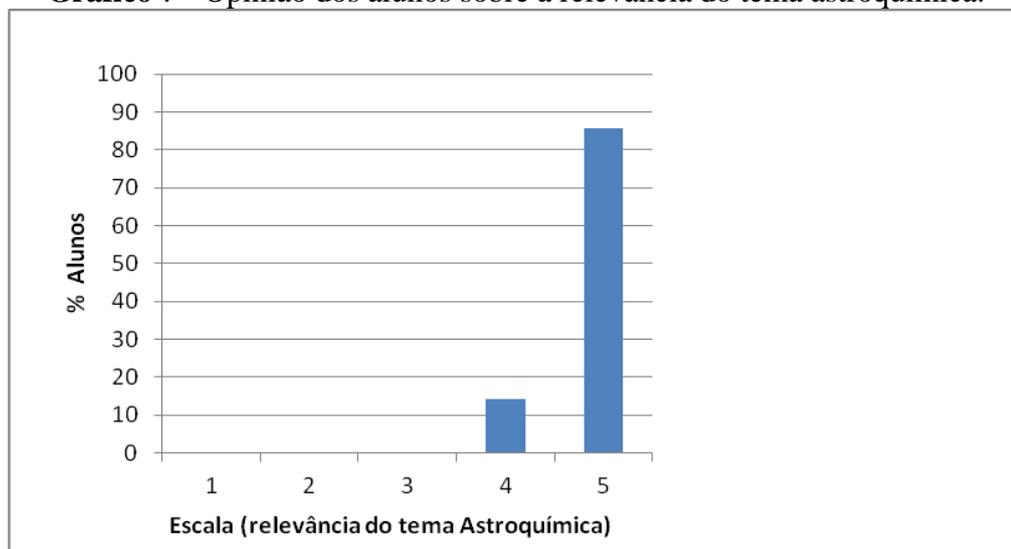
A avaliação da sequência didática visou verificar a opinião dos alunos acerca do conteúdo trabalhado, das atividades realizadas, além de sugestões sobre o desenvolvimento das aulas.

✓ Questão 1- O que você achou do tema astroquímica trabalhado neste bimestre?

Escala de 1 a 5: onde 5 = Muito Interessante e 1 = Irrelevante.

() 5 () 4 () 3 () 2 () 1

Gráfico 7 - Opinião dos alunos sobre a relevância do tema astroquímica.



Fonte: Elaboração própria.

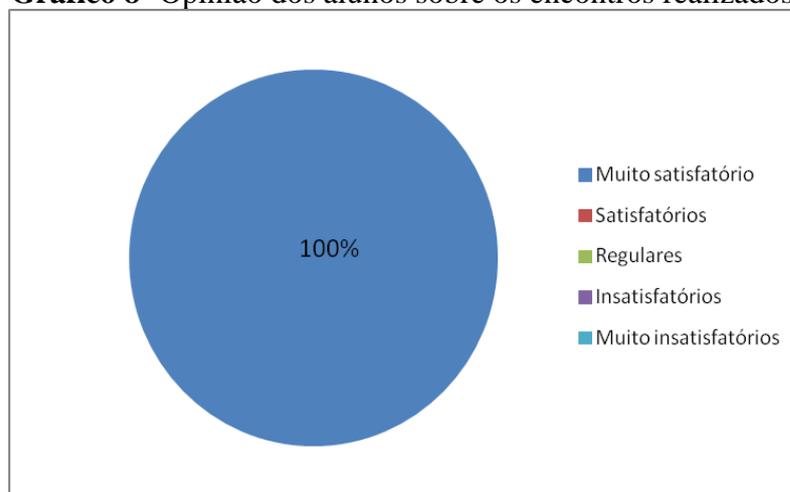
Numa escala de 1 a 5, a qual mensura a relevância do tema astroquímica de maneira gradual (onde 5 = Muito Interessante e 1 = Irrelevante), não obtivemos respostas com atribuições de notas diferentes de 4 e 5. Podemos verificar essas opiniões ao analisar o

Gráfico 7: Este aponta que aproximadamente 86% da turma consideraram o tema abordado ao longo do bimestre muito interessante e em torno de 14% acharam interessante.

✓ Questão 2- Como você avalia nossos encontros para realização dos trabalhos?

- Muito satisfatórios
- Satisfatórios
- Regulares
- Insatisfatórios
- Muito insatisfatórios

Gráfico 8- Opinião dos alunos sobre os encontros realizados.



Fonte: Elaboração própria.

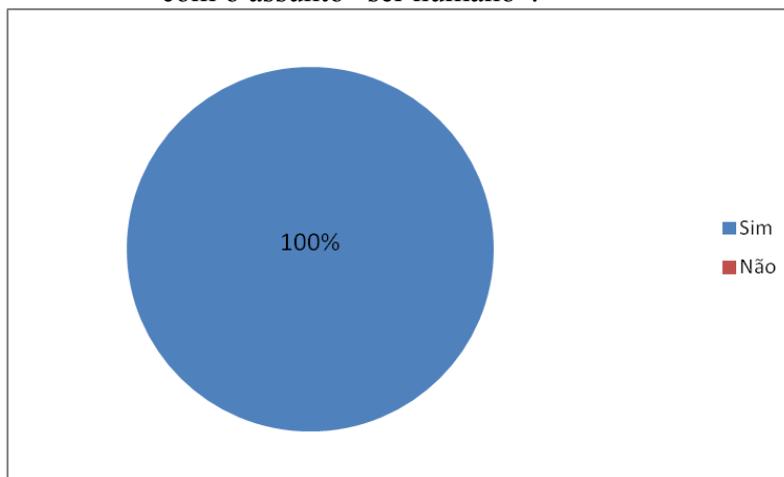
Como podemos observar, o Gráfico 8 indica que todos os discentes, isto avaliaram os encontros do bimestre como sendo muito satisfatórios.

✓ Questão 3- Você visualizou nas atividades realizadas e nas aulas dadas que o assunto sobre as estrelas tinha relação com o ser humano?

- Sim Não

Comente.

Gráfico 9- Opinião dos alunos sobre ter notado ou não que o assunto “estrelas” tinha relação com o assunto “ser humano”.



Fonte: Elaboração própria.

Conforme podemos verificar no Gráfico 9, todos os alunos responderam “sim” à questão 3, ou seja, afirmaram ter notado uma relação entre as estrelas e o ser humano nas atividades realizadas em aula. Obs.: Num total de sete discentes, um não comentou nada em sua resposta. De qualquer forma, alguns comentários dos demais alunos encontram-se transcritos a seguir.

“Sim. Deu para entender que as pessoas são feitas de elementos químicos das estrelas.”

“Sim. As aulas explicaram sobre os átomos que tem na estrela e em todo mundo.”

“Sim. O ser humano foi feito por causa dos elementos químicos que ficavam dentro das estrelas.”

- ✓ Questão 4- Qual(is) a(s) parte(s) do livro trabalhado e/ou das atividades realizadas que mais chamou sua atenção? Comente.

A seguir, encontram-se transcritas algumas respostas dadas à questão 4.

“Eu achei muito legal a parte do livro que Neutrino entra na estrela e pega os elementos químicos na mão.”

“Amei a música do Big Bang.”

“Tudo foi lindo, mas eu queria que Neutrino conseguisse os elementos químicos dela.”

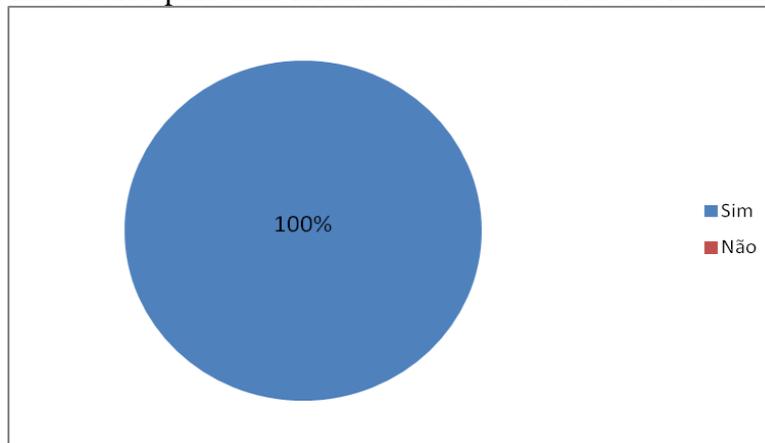
“O que eu mais gostei foi a professora cantando a música da internet.”

- ✓ Questão 5- Na sua opinião, o livro trabalhado e as atividades realizadas foram relevantes para você refletir sobre o valor do ser humano?

Sim Não

Comente.

Gráfico 10- Opinião dos alunos sobre o livro trabalhado e as atividades realizadas terem sido relevantes ou não para uma reflexão sobre o valor do ser humano.



Fonte: Elaboração própria.

De acordo com o Gráfico 10, 100% dos discentes responderam “sim” à questão 5, ou seja, todos os alunos consideraram que o livro trabalhado e as atividades realizadas foram relevantes para uma reflexão sobre o valor do ser humano. A seguir, encontram-se transcritos alguns comentários dos discentes na questão 5:

“Sim, eu queria ajudar Neutrina a não ficar triste.”

“Sim. Lembrei da minha prima na aula porque ela se acha feia e não gosta do cabelo dela.”

“Sim. Todas as pessoas são importantes.”

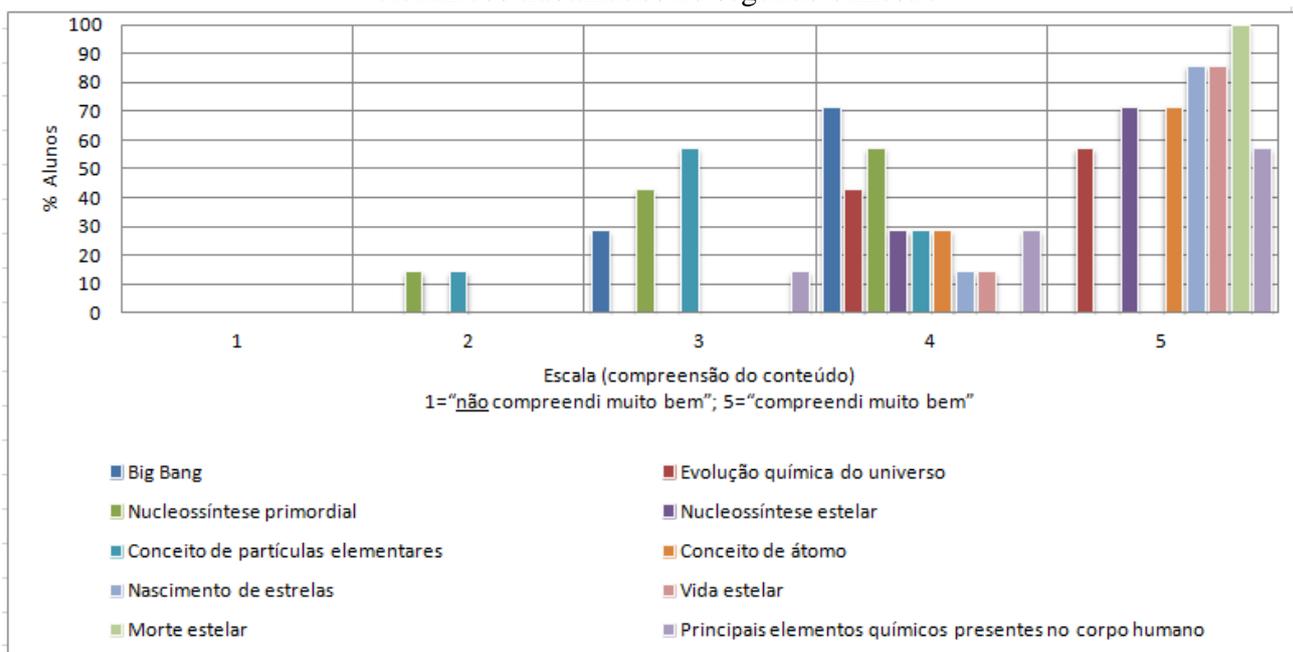
“Sim. O ser humano merece respeito, mas tem muitas crianças que sofrem igual Neutrina.”

- ✓ Questão 6- Utilizando uma escala de 1 a 5, onde 1 quer dizer “**não** compreendi muito bem” e 5 quer dizer “compreendi muito bem”, como você avalia sua compreensão dos conteúdos listados abaixo?

- Big Bang
- Evolução química do universo
- Nucleossíntese primordial
- Nucleossíntese estelar
- Conceito de partículas elementares (quarks, elétrons, neutrinos...)
- Conceito de átomo

- () Nascimento de estrelas
- () Vida estelar (como é o interior das estrelas)
- () Morte estelar
- () Principais elementos químicos presentes no corpo humano

Gráfico 11- Autoavaliação dos alunos quanto à compreensão dos conteúdos científicos trabalhados no segundo bimestre.



Fonte: Elaboração própria.

Observando o Gráfico 11, podemos ter uma noção muito interessante sobre como os discentes avaliaram sua própria compreensão em relação aos conteúdos científicos trabalhados ao longo do bimestre. De maneira geral, temos que “Big Bang” e “nucleossíntese primordial” foram os únicos assuntos escalados com nota 2, a qual se aproxima da atribuição “não compreendi muito bem”. Ainda nesse sentido não tão satisfatório, vimos também que o conceito de partículas elementares não foi bem compreendido pela maioria dos alunos: aproximadamente 57% dos discentes deram nota 3 a esse conteúdo, o que indica um entendimento razoável sobre o conceito de partículas elementares.

Em contra partida ao supracitado, na extremidade direita do Gráfico 11, verificamos o sucesso do conteúdo “morte estelar”, o qual recebeu nota máxima de 100% dos alunos; ou seja, a turma inteira alegou ter compreendido muito bem os processos que demarcam o fim de uma estrela. De maneira geral, observamos que os assuntos relacionados diretamente às estrelas obtiveram ótimas avaliações (notas 4 e/ou 5), como verificado, por exemplo, na boa colocação dos conteúdos “nascimento de estrelas” e “vida estelar”- ambos receberam nota 5

de 86% dos discentes. Ademais, chamamos atenção para a compreensão do conceito de átomo e dos principais elementos químicos presentes no corpo humano, pois esses conteúdos também foram bem ranqueados no Gráfico 11 e, de fato, notamos uma crescente em relação ao entendimento desses assuntos ao analisar os resultados do questionário final; assim sendo, constatamos que os mais variados dados obtidos nessa pesquisa realmente apontam para uma construção de conhecimento bastante exitosa.

- ✓ Questão 7- O que você acredita que poderia ter melhorado ao longo das aulas? Registre aqui alguma sugestão ou comentário sobre as aulas e atividades desenvolvidas neste bimestre.

A seguir, encontram-se transcritas algumas respostas dos discentes à questão 7:

“Aprendi muita coisa de química que eu nunca ouvi falar.”

“Eu amei tudo.”

“Antes eu achava que a estrela era gelada, mas na aula eu aprendi que é o contrário e tem explosão.”

“Eu tenho a melhor professora do mundo e canta muito.”

Conforme verificado, os comentários dos alunos sobre as aulas e atividades foram muito positivos, alguns disseram ter aprendido novos conteúdos no ramo da ciência, houve também relato de substituição do senso comum pelo conhecimento científico, bem como comentários que exprimem admiração pelo trabalho desenvolvido pela professora/pesquisadora. No mais, à medida que os discentes foram entregando a avaliação da sequência didática, a professora foi distribuindo alguns *paper crafts* como uma lembrança de participação nas atividades. Cada aluno recebeu dois *paper crafts* - um representava a figura de uma astronauta e outro a de um cientista de laboratório, ambos retratados na Figura 35.

Figura 35- Foto dos *paper crafts* feitos pela professora.



Fonte: Elaboração própria.

6-CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de todo estudo feito para compor essa pesquisa, podemos dizer que, no mínimo, ampliamos um pouco mais a discussão sobre a Aprendizagem de Ciências no viés da Educação em Direitos Humanos (EDH). Desde que decidimos explorar esse emergente caminho, foram muitos os desafios enfrentados, dos quais destacamos a escrita do livro autoral *Estrelas também falam*, pois esse processo realmente envolveu muita dedicação e estudo (educacional, científico, literário e artístico). Numa linguagem poética, a história fictícia percorrida no livro articulou conceitos da formação química do universo e sua relação com o ser humano enquanto ser material. Essa conciliação nos permitiu fazer uma transposição didática a fim de contribuir para o conhecimento referente à astroquímica e suas implicações na valorização do ser humano. Sendo assim, utilizamos a obra literária paradidática nas aulas como principal elemento da sequência didática aplicada e, com grande satisfação, obtivemos indícios de uma Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de EDH ao longo do bimestre.

Como é sabido, esse trabalho se espelha no Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), o qual considera a criança e o adolescente como um ser em desenvolvimento que deve ser respeitado (BRASIL, 1990). Durante as tarefas realizadas, as afirmações dos alunos quanto ao necessário respeito ao ser humano foram notórias, e observamos que a empatia foi uma importante aliada nesse processo. Afinal, como podemos verificar, muitos discentes relataram querer ajudar a personagem Neutrino, alguns disseram até mesmo lembrar de familiares que sentiam-se incomodados com sua autoimagem. Nesse sentido, acreditamos ter alcançado o principal objetivo dessa pesquisa, visto que os resultados obtidos denotam a potencialidade da sequência didática aplicada para a promoção da Aprendizagem de Ciências sob uma visão de EDH.

À medida que avançávamos os capítulos do livro, desenvolvíamos estudos sobre: Big Bang; evolução química do universo; nucleossíntese primordial; nucleossíntese estelar; conceito de partículas elementares; conceito de átomo; nascimento de estrelas; vida estelar; morte estelar; e principais elementos químicos presentes no corpo humano. Todavia, isso foi feito com o devido discernimento de que a educação escolar não deve se restringir aos aspectos conteudistas das disciplinas e, conseqüentemente, não deve evidenciar uma ideia de neutralidade da escola diante das questões sociais (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2013). Então, conforme planejado, nos apropriamos da articulação entre ciência e arte para que os conteúdos científicos fossem apresentados contíguos às discussões sobre a valorização do ser

humano. A arte solicita a visão, a escuta e os demais sentidos como portas de entrada para uma compreensão mais significativa das questões sociais (BRASIL, 1997), e isso inclui o olhar do aluno sobre si mesmo enquanto ser humano e, como tal, um sujeito de direitos.

Para obter um melhor aproveitamento das expressões de habilidades individuais e coletivas, utilizamos diferentes instrumentos de avaliação, tais como desenhos e atividades de interpretação de texto. Além disso, compreendendo que a interação social, segundo a visão construtivista, assume um papel fundamental no processo de aprendizagem (VYGOTSKY, 1988), as aulas foram dadas em forma de contação de história, com a participação voluntária da própria turma “em cena”, o que viabilizou uma maior interação aluno-aluno e aluno-professor. Por meio das ferramentas avaliativas, verificamos que, de maneira geral, o conteúdo científico foi bem desenvolvido em aula, o que se refletiu também na avaliação da sequência didática, por exemplo, em que a turma inteira alegou ter compreendido muito bem os processos que demarcam o fim de uma estrela. Ainda sobre a avaliação da sequência didática, observamos que os assuntos relacionados diretamente às estrelas obtiveram ótimo parecer dos alunos, assim como a compreensão do conceito de átomo e dos principais elementos químicos presentes no corpo humano.

A relevância desse trabalho para a construção da visão crítica do aluno foi sendo identificada a cada aula, notamos isso não apenas depois de analisar os dados, mas também durante as atividades realizadas. Por meio da observação participativa, visualizamos o crescente interesse dos discentes nessas atividades e, além das análises feitas à luz do referencial teórico adotado, vale dizer que os resultados obtidos também revelaram outras notoriedades de grande valia: o potencial artístico manifestado nos desenhos dos discentes, bem como a contemplação das poesias cantadas. Em relação ao conteúdo científico trabalhado, este se adequa às atribuições descritas na Base Nacional Comum Curricular-BNCC (BRASIL, 2017) e, por conseguinte, a sequência didática foi aplicada no 9º ano do Ensino Fundamental regular. Contudo, apreciando as mais diversas esferas no ramo da astroquímica, consideramos também a possibilidade de adaptação e aplicação do produto educacional nas aulas de Química e/ou Física do Ensino Médio. Dessa maneira, esperamos que o produto educacional desenvolvido seja utilizado por outros docentes, podendo ser adaptado, quando necessário, com a finalidade de atender às expectativas tanto dos alunos quanto do professor.

Diante da necessária valorização do aluno enquanto ser humano, acreditamos que o presente trabalho se apresentou como uma ferramenta interessante na busca por propostas de uma Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de EDH. De fato, os resultados obtidos

foram satisfatórios, mas vale dizer que essa pesquisa não se caracteriza por conclusões acabadas, pois persiste a necessidade de muitos outros estudos sobre o assunto em questão, e podemos perceber a urgência dessas discussões ao olhar para uma sociedade contemporânea ainda sedenta de valores. Cidadãos são formados no processo de aprendizagem, pessoas capazes de perceber um mundo composto de vários fatores que formam uma complexidade. A partir da nossa pequena - porém importante - iniciativa, presumimos estar contribuindo para que o adolescente se enxergue como ser humano e, como tal, um sujeito dotado de direitos. Ademais, esperamos que essa autoafirmação seja disseminada e colabore com a rede de proteção de crianças e adolescentes contra quaisquer tipos de abuso, haja vista a noção de dignidade humana que trouxemos para a sala de aula.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. J. O planejamento de pesquisas qualitativas em educação. **Caderno de pesquisa**. São Paulo, 1991. Disponível em: <<http://publicacoes.fcc.org.br/ojs/index.php/cp/article/view/1042>>. Acesso em 05 de janeiro de 2019.

ANDRÉ, M. E. D. A. **Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional**. Brasília: Liberlivro, 2005.

AVALANCHE MISSÕES. **Escola de Sexualidade**. Disponível em: <<http://avalanchemissoes.org/quemsomos>>. Acesso em 05 de fevereiro de 2019.

BAKER, A. C.; MATHLIN, G. P.; CHURCHES, D. K.; EDMUNDS, M. G. The chemical evolution of the universe. **American Astronomical Society, 197th AAS Meeting, id.20.04**. Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 32, p.1435. Disponível em: <<http://adsabs.harvard.edu/abs/2000AAS...197.2004B>>. Acesso em 05 de fevereiro de 2018.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 5. ed. Lisboa: edições 70, 2009.

BARROCO, S. M. S.; SUPERTI, T. Vigotski e o estudo da psicologia da arte: contribuições para o desenvolvimento humano. **Psicologia & Sociedade**, 26 (1), 22 – 31, 2014.

BARTOS, I.; MARKA, S. A nearby neutron-star merger explains the actinide abundances in the early Solar System. **Nature International of Science**. N. 569, p. 85–88, 2019. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41586-019-1113-7>> Acesso em: 22 de maio de 2019.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Tradução Maria João Alvarez. Portugal, Porto Editora, 1994.

BRANDÃO, C. R. **O que é educação?** 28.ed. São Paulo, SP: Brasiliense, Coleção Primeiros Passos, 1993.

BRASIL. **Estatuto da Criança e do Adolescente- ECA**. Lei n. 8.069. Brasília: Diário Oficial da União: 16 de julho de 1990.

_____. Lei 9394/96. **LDB- Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília: 1996.

_____. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC/SER, 1997.

_____. **Lei 11.525**. Brasília: 2007. Disponível em <www.planalto.gov.br>. Acesso em 15 de novembro de 2018.

_____. **Programa Nacional de Direitos Humanos (PNDH-3)**. Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (SEDH/PR). Brasília: 2009. Disponível em <www.planalto.gov.br>. Acesso em 15 de novembro de 2018.

_____. **Guia escolar: identificação de sinais de abuso e exploração sexual de crianças e adolescentes**. Seropédica, RJ: EDUR, 2011. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000016936.pdf>> Acesso em: 26 de maio de 2018.

_____. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Nacionais para a Educação em Direitos Humanos**. Brasília: Diário Oficial da União: 30 de maio de 2012.

_____. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução nº 2 Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada**. Brasília, 2015.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017.

_____. Ministério dos Direitos Humanos. **Crianças e adolescentes**. Disponível em <<http://www.mdh.gov.br/assuntos/criancas-e-adolescentes>>. Acesso em 06 de novembro de 2018.

_____. Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos. **Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Criança e do Adolescente**. Disponível em <<http://www.mdh.gov.br/assuntos/criancas-e-adolescentes>>. Acesso em 05 de fevereiro de 2019.

CANDAU, V. M. PAULO, I. ANDRADE, M.; LUCINDA, M. C.; SACAVINO, S.; AMORIN, V. **Educação em Direitos Humanos e Formação de professores**. São Paulo, Editora Cortez, 2013.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 3 ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.

CHASSOT, A. I. Uma história da educação química brasileira: sobre seu início discutível apenas a partir dos conquistadores. **Episteme**, v. 1, n. 2, p. 129-146, 1996.

CIÊNCIA NA MÃO. **O Mágico dos Quarks**. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=liv&cod=_omagicodosquarks>. Acesso em 05 de dezembro de 2018.

COMPARATO, F. K. **A afirmação histórica dos Direitos Humanos**. 3 ed. rev.e ampl. São Paulo: Saraiva, 2003.

CRUZ, R. M. V. dos S. **Astroquímica do Big Bang à tabela periódica: ciência e arte em abordagem interdisciplinar para o Ensino Médio**. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, 2017. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/61982119-Curso-de-licenciatura-em-ciencias-da-natureza-licenciatura-em-quimica-rayana-machado-vicente-dos-santos-cruz.html>>. Acesso em: 23 de junho de 2018.

_____. Astroquímica no curso de Licenciatura em Ciências da Natureza: uma abordagem interdisciplinar entre Física, Química e Biologia. **Educação, Ciências e Matemática**, v.8 n.3, ISSN 2238-2380, set/dez 2018. Disponível em: <<http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/issue/view/262>>. Acesso em 30 de dezembro de 2018.

DE LIMA, L. G.; RICARDO, E. L. Física e Literatura: uma revisão bibliográfica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 32, 3, p. 577-617, 2015.

DE SOUZA, A. R.; NEVES, L. A. dos S. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 1145-1160, dez. 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/312210181>>. Acesso em 05 de janeiro de 2019.

DURANTI, L. The archival bond. *Archives and Museum Informatics*. Vancouver (Canadá): **Kluwer Academic Publishers**, v.11, p. 213–218, 1997. Disponível em: <<http://enancib.ibict.br/index.php/enancib/xenancib/paper/viewFile/3161/2287>>. Acesso em 05 de janeiro de 2018.

EDUCAÇÃO EM DIREITOS HUMANOS. **Prêmio Nacional de Educação em Direitos Humanos**. Disponível em <<http://www.educacaoemdireitoshumanos.org.br>>. Acesso em 18 de outubro de 2018.

FERREIRA, B. V. Uma orientação didático-pedagógica para a construção do conhecimento dos métodos descritivos. Disponível em: <http://www2.unucseh.ueg.br/ceped/edipe/anais/Iedipe/Gt9/9-a_orientacao.htm>. Acesso em jul. 2016.

FERREIRA, S. **Imaginação e linguagem no desenho da criança**. Campinas: Papyrus, 2001.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática pedagógica**. 13. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GARRUTI, E. A.; SANTOS, S. R. A interdisciplinaridade como forma de superar a fragmentação do conhecimento. **Revista de Iniciação Científica**. FFC – campus de Marília – São Paulo, v.4, n.2, p.1-11, 2004.

GASKELL, G. **Entrevistas individuais e grupais: Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som, um manual prático**. Petrópolis. Ed. Vozes. 2002.

GILMORE, R. **Alice no País do Quantum: a Física Quântica ao alcance de todos**. São Paulo: Zahar, 1998.

HAZEN, R. M. **Física Viva**. v. 2, Rio de Janeiro: LTC, 2006.

HIPERCULTURA. **Supernova: o explosivo fim de uma era**. Disponível em: <<https://www.hipercultura.com/supernova-o-explosivo-fim-de-uma-era/>> Acesso em: 18 de abril de 2018.

HUISMAN, G.; LANDOWSKI, P. (org). Cahiers de pedagogie moderne pour l'enseignement du premier degré. **Le dessin**. Paris: Bourrelie, 1947.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1998.

LUQUET, G. H. **O desenho infantil**. Porto: Editora do Minho, 1969.

MACIEL, W. J. Formação dos elementos químicos. **Revista USP**. São Paulo, n.º. 62, p. 66-73, 2004. Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br>> Acesso em: 16 de abril de 2019.

MARTINS, G. A. **Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2008

MENDES, C. C. A. **As estrelas, uma viagem estrutura do átomo- Astroquímica para o estudo do átomo e outros conceitos químicos**. Editora Livraria da Física, São Paulo, 2011.

MORAIS, A. M. A. **A origem dos elementos químicos- Uma abordagem inicial**. Editora Livraria da Física, São Paulo, 2010.

MOREIRA, I. de C. Poesia na sala de aula de ciências?. **Física na escola**. São Paulo, v. 3, n. 1, p. 17-23, 2002.

MOREIRA, I. de C.; MASSARANI, L. (En)canto científico: temas de ciência em letras da música popular brasileira. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, vol. 13, suplemento, p. 291-307, 2006.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2011.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**- vol. 1 (3), p. 25-46, 2011.

OLIVEIRA FILHO, K. de S.; SARAIVA, M. de F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 3 Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, J. G. **Como são formados os elementos químicos?** Disponível em: <<https://www.saberatualizado.com.br/2015/11/como-sao-formados-os-elementos-quimicos.html>>. Acesso em 14 de maio de 2019.

OLIVEIRA, R. D. V. L.; QUEIROZ, R. P. C. **Educação em Ciências e Direitos Humanos: reflexão-ação em/para uma sociedade plural**. Rio de Janeiro, Editora Multifoco, 2013.

OLIVEIRA, R. D. V. L. **A formação de professores de ciências em uma perspectiva de educação em direitos humanos**. Tese de Doutorado. Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://dippg.cefet-rj.br/ppcte/index.php/pt/teses-e-dissertacoes>>. Acesso em: 23 de junho de 2018.

ONU. **Declaração Universal dos Direitos Humanos: Adotada e proclamada pela resolução 217 A (III) da Assembléia Geral das Nações Unidas em 10 de dezembro de 1948**. Disponível em: <http://portal.mj.gov.br/sedh/ct/legis_intern/ddh_bib_inter_universal.htm>. Acesso em: 23 de novembro de 2018.

PALMA, C. Arte e ciência no palco. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 13 (suplemento), Rio de Janeiro, p. 233-246, 2006.

PILLAR, A. D. **Desenho e escrita como sistemas de representação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

PILLOTTO, S. S. D.; SILVA, M. K.; MOGNOL, L. T. Grafismo infantil: linguagem do desenho. **Revista Linhas**, v. 5, n. 2, 2004. Disponível em: <<http://www.revistas.udesc.br/index.php/linhas/article/view/1219>>. Acesso em: 05 de outubro de 2019

PRADO, A.; IRMELI, L. **À luz das estrelas: ciência através da astronomia**. Rio de Janeiro: DP&A, 2006.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SILVA, D. M. V. da. Aprendizagem mediada por signos e a construção de conceitos em uma perspectiva vigotskiana. **Educação Pública**, ISSN: 1984-6290, 2017. Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/>>. Acesso em 10 de setembro de 2019.

SILVA, O. S. da. **A Interdisciplinaridade na visão de professores de Química do Ensino Médio: concepções e práticas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá, 2008. Disponível em: <<http://cienciaematemática.vivawebinternet.com.br>>. Acesso em: 02 de julho de 2017.

TESES ABERTAS PUC RIO. **Teoria das Supernovas**. Disponível em: <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0711042_09_cap_02.pdf>. Acesso em 10 de setembro de 2019.

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente**. 2a ed. brasileira. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

_____. **Psicologia da Arte**. Ed. Martins Fontes, São Paulo, 1999.

_____. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

WEYNE, B. C. Dignidade da pessoa humana na filosofia moral de Kant. **Revista Jus Navigandi**, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 13, n. 1775, 2008. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/11254>>. Acesso em: 02 de setembro de 2018.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZANETIC, J. Física e literatura: uma possível integração no ensino. **Caderno Cedes: Ensino da Ciência, Leitura e Literatura**, v. 41, p. 46-61, 1997.

_____. Física e cultura. **Ciência e Cultura**. São Paulo, v. 57, n. 3, p. 21-24, 2005.

_____. Física e arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro-Posições**, v. 17, n. 1 (49), p. 39-57, 2006.

Apêndice:

Produto Educacional



**APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NUMA PERSPECTIVA DE EDUCAÇÃO
EM DIREITOS HUMANOS: ASTROQUÍMICA E ARTE EM PROL DA
VALORIZAÇÃO DO ADOLESCENTE**

Material do professor

Imagem: Junção e adaptações da autora (Fonte: <http://www.outromundo.net>)

Por: Rayana Machado Vicente dos Santos Cruz

Orientador: Dr. Wander Gomes Ney

Olá, querido professor!

Este material foi estruturado com base na Aprendizagem de Ciências regida por uma perspectiva de Educação em Direitos Humanos (EDH). Em relação ao conteúdo científico trabalhado, este se adéqua às atribuições descritas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e, por conseguinte, a sequência didática foi elaborada para ser aplicada no 9º ano do Ensino Fundamental regular. Nesse sentido, o intuito deste material é promover o aprendizado de conteúdos relativos à formação química do universo sob o ponto de vista da Educação em Direitos Humanos. Para esse fim, a sequência didática se baseia na contação de história de um livro intitulado *Estrelas também falam* (Apêndice A deste produto educacional, páginas 177 a 231). Trata-se de um livro paradidático, de autoria própria, que articula conceitos das ciências naturais no ramo da formação química do universo e sua relação com o ser humano enquanto ser material.

Ao todo, são necessárias oito etapas e, nestas, destacamos o uso de: questionários, atividades ilustrativas (desenhos) e interpretações textuais como instrumentos avaliativos. Obs.: Na página 163, encontra-se um breve resumo para te auxiliar na análise dos desenhos. Ressaltamos que o produto didático aqui descrito foi aplicado numa turma de 9º ano do Ensino Fundamental regular da rede privada e, assim, fez parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo 34 do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense). Embora utilizado no último ano do Ensino Fundamental, entendemos que este material também tem potencial aplicabilidade no Ensino Médio regular, haja vista o amplo desenvolvimento de conteúdos ao considerar a aprendizagem de astroquímica num recorte referente à origem do universo.

Como a EDH está, pouco a pouco, sendo trabalhada nas aulas de Ciências, após muita pesquisa, fizemos um resumo - de tamanho viável - para que você, professor, faça um melhor proveito do nosso produto educacional e, assim, contribua para essa disseminação também. Chamamos o referido resumo de MAP - Material de Apoio ao Professor (Apêndice B deste produto educacional, páginas 232 a 248). Portanto, antes de você aplicar a sequência didática na sua sala de aula, recomendamos fortemente a leitura e compreensão do MAP, pois trata-se de um material compilado para te auxiliar nas possíveis discussões fomentadas durante a aplicação do produto, bem como para ampliar ainda mais seu campo de conhecimento quanto à Educação em Direitos Humanos.

Rayana Machado Vicente dos Santos Cruz
Contato: rayanacruz.ray@gmail.com

Sumário

1- ROTEIRO DO PRODUTO	155
2- INSTRUÇÕES PARA O PROFESSOR NA ANÁLISE DOS DESENHOS	163
3- CONHECENDO AS CONCEPÇÕES PRÉVIAS	164
Atividade 1- Questionário prévio 1 (desenho)	164
Atividade 2- Questionário prévio 2	166
4- INSTRUÇÕES PARA O ALUNO NO ESTUDO DO LIVRO <i>Estrelas também falam</i> ...	167
5- PERGUNTAS DE INTERPRETAÇÃO DE TEXTO.....	168
PC1: Atividade 3- Perguntas Capítulo 1	168
PC2: Atividade 4- Perguntas Capítulo 2	169
PC3: Atividade 5- Pergunta Capítulo 3	170
PC4: Atividade 6- Pergunta Capítulo 4	171
PC5: Atividade 7- Pergunta Capítulo 5	172
PC6: Atividade 8- Pergunta Capítulo 6	173
6- AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	174
APÊNDICES DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	176
Apêndice A- Obra literária paradidática <i>Estrelas também falam</i>	177
Agradecimentos	181
Sobre a autora	182
Prefácio.....	183
Capítulo 1- Céu de neutrina.....	185
Capítulo 2- No princípio.....	194
Capítulo 3- Nasce uma estrela	203
Capítulo 4- Química do bem	208
Capítulo 5- Bem no interior.....	212
Capítulo 6- Estrelas também falam	225
Apêndice B- Material de Apoio ao Professor- MAP.....	232
Texto Introdutório	232
Texto 1- Direitos humanos, uma necessidade humana!	233
Texto 2- “Di menor” não, ECA!.....	236
Texto 3- Observe sua sala de aula	239
Texto 4- Como abordar a criança ou adolescente?.....	242
Texto 5- Como proceder com as notificações e para onde encaminhá-las?.....	245
REFERÊNCIAS	249

1- ROTEIRO DO PRODUTO

A sequência didática proposta foi sistematizada com o intuito de corroborar para a aprendizagem de conteúdos referentes à formação química do universo numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos. Na busca por indícios que apontem para a ocorrência desse tipo de aprendizagem, essa sequência contou com oito etapas, as quais estão descritas no Quadro 1. Cada etapa tem duração em torno de 2 horas/aula (50 minutos cada aula), totalizando, aproximadamente, 16 horas/aula.

Quadro 1- Etapas da sequência didática e seus respectivos objetivos e duração.

Etapas (2h/aula)	Objetivos	Atividades realizadas
Etapa 1 Concepções prévias	❖ Identificar concepções prévias.	❖ Desenho inicial; ❖ Questionário inicial.
Etapa 2 Contação de história e Interpretação de texto 1 Livro: <i>Estrelas também falam</i> Capítulo 1- <i>Céu de Neutrina</i>	❖ Proporcionar uma empatia dos alunos com os personagens do livro e, a partir dessa afinidade, reconhecer possíveis situações de desvalorização infanto-juvenil; ❖ Despertar o interesse dos discentes sobre a relação entre as estrelas do céu e a vida da personagem Neutrina.	❖ Leitura do capítulo 1 do livro <i>Estrelas também falam</i> ; ❖ Interpretação de texto: PC-1 (perguntas referentes ao capítulo 1).
Etapa 3 Contação de história e Interpretação de texto 2 Livro: <i>Estrelas também falam</i> Capítulo 2- <i>No princípio...</i>	❖ Promover o aprendizado dos conteúdos científicos: ✓ Nucleossíntese primordial; ✓ Estrutura atômica.	❖ Leitura do capítulo 2 do livro <i>Estrelas também falam</i> ; ❖ Interpretação de texto: PC-2 (perguntas referentes ao capítulo 2).
Etapa 4 Contação de história e Interpretação de texto 3	❖ Promover o aprendizado dos conteúdos científicos: ✓ Nascimento estelar; ✓ Nucleossíntese estelar.	❖ Leitura do capítulo 3 do livro <i>Estrelas também falam</i> ; ❖ Interpretação de texto:

<p>Livro: <i>Estrelas também falam</i> Capítulo 3- <i>Nasce uma estrela</i></p>		<p>PC-3 (pergunta referente ao capítulo 3).</p>
<p>Etapa 5 Contação de história e Interpretação de texto 4 Livro: <i>Estrelas também falam</i> Capítulo 4- <i>Química do bem</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Corroborar para a compreensão semântica quanto à reflexão da personagem Neutrina sobre pessoas respeitadas e cooperativas; ❖ Promover o aprendizado do conteúdo científico: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Evolução química do universo. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Leitura do capítulo 4 do livro <i>Estrelas também falam</i>; ❖ Interpretação de texto: PC-4 (pergunta referente ao capítulo 4).
<p>Etapa 6 Contação de história e Interpretação de texto 5 Livro: <i>Estrelas também falam</i> Capítulo 5- <i>Bem no interior</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Promover o aprendizado do conteúdo científico: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vida estelar (como é o interior das estrelas). 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Leitura do capítulo 5 do livro <i>Estrelas também falam</i>; ❖ Interpretação de texto: PC-5 (pergunta referente ao capítulo 5).
<p>Etapa 7 Contação de história e Interpretação de texto 6 Livro: <i>Estrelas também falam</i> Capítulo 6- <i>Estrelas também falam</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Corroborar para a compreensão da relação entre ciência e arte abordada no livro <i>Estrelas também falam</i>; ❖ Promover o aprendizado do conteúdo científico: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Morte estelar. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Leitura do capítulo 6 do livro <i>Estrelas também falam</i>; ❖ Interpretação de texto: PC-6 (pergunta referente ao capítulo 6).
<p>Etapa 8 Encontro final</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificar indícios que apontem para a ocorrência de uma Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos; ❖ Realizar uma avaliação sobre a relevância da sequência didática aplicada. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Desenho final; ❖ Questionário final; ❖ Avaliação da sequência didática (questionário).

Para uma melhor compreensão da sequência didática, as etapas descritas no Quadro 1 serão apresentadas detalhadamente a seguir com as devidas instruções de aplicação, objetivos da aula e atividades relacionadas. Obs.: Quanto às atividades, estas devem ser respondidas e devolvidas para o professor, a fim de que sejam atribuídas notas de participação no bimestre.

Etapa 1- Concepções Prévias (2 hora/ aula)

Atividade 1- Desenho

Esse primeiro momento conta com perguntas sobre a representação do ser humano em seu processo de reconhecimento enquanto sujeito de direitos. Nesse sentido, entregar a atividade 1 (páginas 164 e 165) para cada aluno, bem como, distribuir lápis de variadas cores. Feito isso, o professor deve ler, juntamente com os discentes, os questionamentos apresentados na atividade 1 e, assim sendo, cada aluno deve realizar a tarefa proposta individualmente. Tratam-se de duas perguntas que solicitam respostas ilustrativas, ou seja, a atividade 1 deve ser respondida por meio de desenhos. O objetivo dessa atividade é colher as concepções prévias dos discentes sobre o que eles entendem por “corpo humano” e, também, sobre o que os Direitos Humanos representam para eles.

Atividade 2- Questionário

Em continuidade à coleta de concepções prévias, a Etapa 1 também conta com um questionário individual de perguntas abertas. Assim sendo, o professor deve entregar a atividade 2 do produto educacional (página 166), a fim de que, individualmente, esta seja respondida pelos alunos. Tratam-se de três questões sobre a matéria bariônica no âmbito das constituições estelar, atomística e humana. Essa atividade tem como objetivo colher as concepções prévias dos alunos sobre o conteúdo científico referente à formação química do universo e sua relação com o ser humano enquanto ser material.

Etapa 2- Contação de história e Interpretação de texto 1 (2 hora/ aula)

Esse momento marca o início das aulas desenvolvidas com o livro paradidático *Estrelas também falam* (Apêndice A do produto educacional, páginas 177 a 231). De maneira geral, a dinâmica de leitura de todo o livro se dará da seguinte forma:

A cada etapa, um novo capítulo será trabalhado: de acordo com o texto a ser estudado em aula, os alunos receberão uma versão impressa para o acompanhamento da leitura. A fim de viabilizar a interação entre os discentes, bem como, a relação professor-aluno (VYGOTSKY, 1988), sugere-se organizar a sala de aula numa conformação de meia-lua. A

leitura do livro deve ser realizada como uma contação de história; ou seja, o professor deve expressar as falas dos personagens em sua narrativa, atentando-se às possíveis diferenciações de voz, ritmo, métrica etc. para que a contação seja feita da maneira mais dinâmica possível. Também caberá ao professor, de acordo com o *feedback* da turma, atitudes como: pausar a contação para esclarecer possíveis dúvidas; mediar discussões acerca do assunto desenvolvido; retomar trechos do capítulo quando necessário; utilizar o quadro para ilustrar situações/ conteúdos etc. Para tanto, antes de introduzir o trabalho com o livro, o professor deve instruir os discentes a considerarem as instruções para o estudo no decorrer das etapas, conforme recomendação descrita no produto educacional (página 167).

Feitas as comunicações referentes a esta e às demais etapas de utilização do livro, vamos, de fato, adentrar na Etapa 2:

O primeiro capítulo do livro introduz a temática astroquímica numa abordagem poética e bastante convidativa. A personagem Neutrina é apresentada ao leitor como uma menina de 14 anos de idade que gosta muito da arte da escrita, ela se expressa escrevendo poesias, músicas, rascunhos etc. À priori, a menina está triste por algum motivo, o qual o livro, de fato, não relata, mas deixa claro que essa tristeza tem a ver com a insatisfação em relação ao seu próprio corpo. O desenvolvimento da história se dá por meio de constantes diálogos entre Neutrina e seu grande amigo, ao passo que, enquanto aprende ciência, a menina vai reconhecendo também o seu valor enquanto ser humano.

Com a trama em questão, o objetivo dessa etapa é proporcionar uma empatia dos alunos com os personagens do livro trabalhado. A partir dessa afinidade, espera-se que os discentes identifiquem situações que acentuam a desvalorização infanto-juvenil, promovendo, assim, reflexões sobre seus próprios direitos enquanto ser humano. No decorrer da Etapa 2, busca-se, também, despertar o interesse dos alunos sobre a relação entre as estrelas (origem de elementos químicos) e a personagem Neutrina (ser humano feito de matéria bariônica). Considerando as instruções contidas no produto educacional, o professor deve entregar o capítulo 1 (Céu de Neutrina) e iniciar a contação de história. Passado o momento de leitura/narração (com as possíveis mediações), a turma será dividida em equipes (recomenda-se entre dois a, no máximo, quatro alunos por equipe) e, em seguida, os discentes devem receber a PC-1 (Perguntas do Capítulo 1) para responderem – Atividade 3 (página 168).

Etapa 3- Contação de história e Interpretação de texto 2 (2 hora/ aula)

Utilizar o início da aula para, brevemente, lembrar os principais acontecimentos do capítulo 1, já que a história terá continuidade nesta etapa. Nesse início da Etapa 3, sugere-se

também perguntar se restou alguma dúvida em relação à interpretação do texto 1, ao conteúdo científico, ou mesmo, se há comentários adicionais. Feito isso, o professor deve entregar o capítulo 2 (No princípio) e iniciar a contação de história, atentando-se para as possíveis atitudes do aluno. O capítulo 2 apresenta a origem do universo de uma maneira lúdica, ele marca o início da peregrinação de Neutrino na “missão Astroquímica”. Trata-se de uma viagem que os personagens fazem em busca de estrelas que poderiam fornecer os átomos necessários para que Neutrino tivesse seu corpo refeito. O tipo de estrela com elementos um pouco mais pesados chama-se supernova; porém, um detalhe importante é que a menina quer encontrar alguma supernova que ainda não tenha espalhado seus elementos químicos pelo espaço. Isso porque Neutrino quer átomos “novos” (no sentido de que ainda não foram utilizados antes) para substituir os átomos “antigos” que, algum dia, formaram o seu corpo.

Apresentadas as aspirações de Neutrino, o capítulo 2 passa pelo Big Bang até chegar à formação dos elementos mais simples (hidrogênio e hélio). Assim sendo, a Etapa 3 busca promover o aprendizado de conteúdos científicos - nucleossíntese primordial e estrutura atômica - enquanto o aluno acompanha o início dessa jornada espacial. Finalizada a leitura/narração, os grupos formados na aula anterior receberão a PC-2 (Perguntas do Capítulo 2) - atividade 4 (página 169) - para efetuarem suas respostas. Ao terminarem, os alunos devem entregar a atividade para o professor, o qual deve aproveitar o final da aula para fazer alguns comentários sobre as respostas.

Etapa 4- Contação de história e Interpretação de texto 3 (2 hora/ aula)

No início da aula, retomar os principais fatos do capítulo 2, bem como perguntar se restou alguma dúvida em relação à aula anterior. Logo após, o professor deve entregar o capítulo 3 (Nasce uma estrela) e iniciar a contação de história, prestando atenção nas possíveis atitudes do aluno, conforme recomendado no produto educacional. No capítulo 3, os personagens tem a oportunidade, bastante incomum, de presenciar o processo de nascimento de uma estrela: Caminhando por um grande tabuleiro (chamado Tabuleiro da Existência), Neutrino vai compreendendo como os átomos de hidrogênio e hélio, outrora dispersos, vão se aglomerando para que o processo de fusão nuclear ocorra, dando início, assim, à vida estelar. Dessa maneira, almeja-se promover o aprendizado dos conteúdos científicos “nascimento e nucleossíntese estelar” enquanto o discente acompanha Neutrino e seu amigo pelo Tabuleiro da Existência. Concluída a leitura/narração do capítulo 3, entregar a PC-3 (Pergunta do Capítulo 3) - atividade 5 (página 170) - para que equipes possam realizar a atividade. Ao

terminarem, os alunos devem entregar a atividade para o professor, o qual deve aproveitar o final da aula para fazer alguns comentários sobre as respostas.

Etapa 5- Contação de história e Interpretação de texto 4 (2 hora/ aula)

Inicialmente, deve-se recapitular os eventos mais marcantes do texto 3 e, como sempre, é importante verificar se há questionamentos sobre o que foi abordado anteriormente. A seguir, distribuir o capítulo 4 (Química do bem) e começar a contação de história; atendendo possíveis dúvidas que o aluno possa ter durante a narrativa. O objetivo dessa etapa é corroborar para a compreensão semântica quanto à reflexão da personagem Neutrina sobre pessoas respeitadas e cooperativas; bem como promover o aprendizado do conteúdo científico “evolução química do universo” por meio de uma transposição didática adequada.

No capítulo 4, Neutrina é apresentada ao conceito de evolução química do universo. Na ocasião, ela entende que as estrelas que nascem primeiro contribuem para o nascimento de outras com elementos químicos ainda mais pesados. Dessa maneira, a menina compreende a relevância da cooperação para a existência estelar e, analogamente, reflete sobre a importância de atitudes boas na humanidade; todavia, vale destacar que ela ainda não sabe como ocorre essa transição de gerações estelares. Finalizada a leitura/ narração do capítulo 4, os grupos receberão a PC-4 (Pergunta do Capítulo 4) - atividade 6 (página 171) - para reponderem. Ao terminarem, os alunos devem entregar a atividade para o professor, o qual deve aproveitar o final da aula para fazer alguns comentários sobre as respostas.

Etapa 6- Contação de história e Interpretação de texto 5 (2 hora/ aula)

Para o começo da aula, lembrar os principais fatos do texto 4 e averiguar possíveis questionamentos sobre o mesmo. Feito isso, entregar o capítulo 5 (Bem no interior) e iniciar a contação de história, atentando-se ao comportamento do aluno. No capítulo 5, Neutrina e seu amigo acompanham a formação de diferentes elementos químicos dentro da estrela. No desenvolvimento do enredo, a menina não está mais na posição de uma observadora que se encontra do lado de fora de uma estrela, pois, dessa vez, ela entra no coração estelar. Dessa maneira, o objetivo da Etapa 6 é promover o aprendizado de conteúdos científicos relacionados à vida estelar; ou seja, queremos que o aluno aprenda sobre a estrutura interna de uma estrela, suas camadas demarcadas por diferentes fusões nucleares, quais os átomos que estão sendo formados nessas camadas etc.

Ao caminhar pelo interior de uma gigante vermelha, além de ver a diversidade de elementos químicos, Neutrina exercita sua paciência esperando essa estrela se tornar uma

supernova. Nesse processo, a menina tem uma oportunidade mais acentuada de sentir uma pequena amostra do que a estrela “sente” em termos físicos (ação da gravidade, aumento de temperatura, pressão etc.). No final do capítulo, o leitor se depara com o clímax do livro: as fusões nucleares da gigante vermelha estão na iminência de cessarem e, finalmente, essa estrela vai se tornar uma supernova para que a personagem Neutrina faça o seu tão esperado pedido de substituição dos átomos do seu corpo por outros que ainda estão dentro daquela estrela. Após a leitura/ narração do capítulo 5, o professor deve distribuir a PC-5 (Pergunta do Capítulo 5) - atividade 7 (página 172) - para as equipes responderem. Ao terminarem, os alunos devem entregar a atividade para o professor, o qual deve aproveitar o final da aula para fazer alguns comentários sobre as respostas.

Etapa 7- Contação de história e Interpretação de texto 6 (2 hora/ aula)

Fazer uma breve revisão dos acontecimentos mais relevantes do texto 5 e, nessa retomada, verificar possíveis dúvidas sobre o mesmo. Depois disso, distribuir o capítulo 6 (Estrelas também falam) e iniciar a contação de história, considerando a participação do aluno. Por meio da representatividade da personagem Neutrina, o capítulo 6 apresenta o desfecho da missão Astroquímica apontando para a valorização do adolescente. Reconhecendo a beleza de ser humana, a menina volta para casa e escreve uma nova poesia, a qual expressa seu novo olhar- sobre as pessoas, sobre a vida e sobre si mesma. Dessa forma, a Etapa 6 objetiva corroborar para a compreensão da relação entre ciência e arte abordada no livro *Estrelas também falam*, assim como promover o aprendizado do conteúdo científico “morte estelar”. Ao concluir a leitura/ narração do capítulo 6, entregar a PC-6 (Perguntas do Capítulo 6) - atividade 8 (página 173) - para que as equipes realizem a atividade proposta. Ao terminarem, os alunos devem entregar a atividade para o professor, o qual deve aproveitar o final da aula para fazer alguns comentários sobre as respostas.

Etapa 8- Encontro final (2 hora/ aula)

Nesse encontro final, os alunos devem fazer as duas atividades propostas - a saber, as mesmas que foram utilizadas para a coleta de concepções prévias: desenho e questionário - assim como avaliar a sequência didática aplicada durante as aulas. O objetivo geral dessa etapa é identificar indícios que apontem para a ocorrência de uma Aprendizagem de Ciências numa perspectiva de Educação em Direitos Humanos e, também, realizar uma avaliação sobre a relevância da sequência didática aplicada.

Atividade 1- Desenho

Assim como na Etapa 1, esse momento conta com aquelas mesmas perguntas sobre a representação do ser humano em seu processo de reconhecimento enquanto sujeito de direitos. Nesse sentido, entregar a atividade 1 (páginas 164 e 165) para cada aluno, bem como, distribuir lápis de variadas cores. Feito isso, o professor deve ler, juntamente com os discentes, os questionamentos apresentados na atividade 1 e, assim sendo, cada discente deve realizar a tarefa proposta individualmente. Tratam-se de duas perguntas que solicitam respostas ilustrativas, ou seja, a atividade 1 deve ser respondida por meio de desenhos. O objetivo específico dessa atividade é colher as considerações finais dos discentes sobre o que eles entendem por “corpo humano” e, também, sobre o que os Direitos Humanos representam para eles.

Atividade 2- Questionário

Da mesma maneira como ocorreu na Etapa 1, essa atividade consiste naquele mesmo questionário individual de perguntas abertas. Assim sendo, o professor deve entregar a atividade 2 do produto educacional (página 166), a fim de que, individualmente, esta seja respondida pelos alunos. Tratam-se de três questões sobre a matéria bariônica no âmbito das constituições estelar, atomística e humana. Essa atividade tem como objetivo específico colher as considerações finais dos alunos sobre o conteúdo científico referente à formação química do universo e sua relação com o ser humano enquanto ser material.

Avaliação da sequência didática

Ao terminar a atividade 2, os alunos deverão responder um questionário (páginas 174 e 175) para avaliar as etapas executadas no bimestre. Dessa forma, o professor terá um *feedback* dos discentes acerca da sequência didática aplicada.

2- INSTRUÇÕES PARA O PROFESSOR NA ANÁLISE DOS DESENHOS

O desenho infantil é considerado uma expressão gráfica enxertada de sentidos, visto que nele a criança utiliza-se de múltiplos caminhos para registrar percepções, conhecimentos, emoções, vontade, imaginação, memória etc. (FERREIRA, 2001). E, como verificado no Quadro 1, você precisará utilizar atividades ilustrativas (desenhos) como instrumentos avaliativos tanto na coleta de concepções prévias, como no encontro final. Contudo, o que considerar na análise desses desenhos, não é mesmo? Primeiramente, vale dizer que você NÃO deve classificar tais ilustrações utilizando termos do tipo “feio” ou “bonito”, pois cada desenho será encarado como uma mensagem (FERREIRA, 2001), não cabendo, de maneira alguma, comparações estéticas! Dessa forma, considere o estudo de Luquet (1969) sobre o desenvolvimento gráfico da criança no Realismo Intelectual- estágio correspondente à faixa etária em que os alunos do 9º ano do Ensino Fundamental regular se encontram (LUQUET, 1969):

- i) Verifique se há representações dos objetos pelo conhecimento intelectual (de maneira consciente, a criança busca reproduzir o objeto representando o que vê e, também, o que não está presente, tornando transparentes partes de objetos que, a priori, estariam encobertos, tais como órgãos sob a pele e móveis através da parede (LUQUET, 1969, apud PILLOTTO et al., 2004);
- ii) Não ignore os possíveis escritos, visto que a utilização de “legendas nos desenhos para nomear os objetos, o que faz com que o nome passe a ser uma característica essencial do objeto, tal como as suas partes” (PILLAR, 1996, p. 49);
- iii) Atente-se para a possibilidade de relações projetivas, isto é, a projeção dos objetos no espaço, ocasião em que a criança demonstra a noção de diferentes planos e profundidade (LUQUET, 1969, apud PILLOTTO et al., 2004).

Diante do exposto, acreditamos que esse seja um bom caminho para que você possa analisar as respostas ilustrativas de seus alunos:

- a) Identifique os aspectos mais relevantes apresentados nos desenhos (por exemplo, pode ser que estes retratem órgãos do corpo humano, músculos, átomos, moléculas, apresentem sentimentos dispostos em legendas etc.);
- b) Busque compreender o que está implícito nessas mensagens (BARDIN, 2009) e, uma vez conseguido, atribua alguma significação que te permita classificar esses desenhos de acordo com os possíveis indícios encontrados: aspectos biológicos, anatômicos, emocionais, astroquímicos, ideológicos etc.

3- CONHECENDO AS CONCEPÇÕES PRÉVIAS

Atividade 1- Questionário prévio 1 (desenho)

Nome: _____ - Sexo: () F () M
Escola: _____
Turma: _____
Data: _____
Nº de identificação: _____

1- Seja numa história em quadrinhos, personagens de filme, vídeo game, capas de cadernos, o desenho é um jeitinho bem interessante de falar sobre vários assuntos. Que tal fazer o seu, hein? Desenhe de forma a responder as perguntas a seguir:

- a) Para você, o que significa o corpo humano?
- b) E, quanto aos Direitos Humanos, o que eles representam para você?

Obs.: Você pode fazer quantos desenhos quiser na folha a seguir, o importante é que o desenho feito (um ou mais de um) represente sua resposta aos dois questionamentos apresentados nos itens “a)” e “b)”.

Espaço para o (s) seu (s) desenho (s):

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for a drawing or sketch. It occupies most of the page's vertical space.

Obrigada! 😊

Atividade 2- Questionário prévio 2

Nome: _____ - Sexo: () F () M
Escola: _____
Turma: _____
Data: _____
Nº de identificação: _____

1 Para você, o que é uma estrela?

2 Ao ler a palavra “átomo”, quais outras palavras vem à sua cabeça?

3 Quais elementos químicos estão presentes no corpo humano?

Obrigada! ☺

4- INSTRUÇÕES PARA O ALUNO NO ESTUDO DO LIVRO *Estrelas também falam*

Olá, querido aluno!

Nesse bimestre, utilizaremos o livro paradidático *Estrelas também falam* durante as aulas de Ciências (Química). Constituído por seis capítulos percorridos em linguagem poética, o livro aborda assuntos referentes à formação química do universo numa perspectiva de valorização humana. A cada encontro, um novo capítulo será estudado por meio da leitura (com contação de história) e interpretação de texto. Quanto às famosas “provas”, *keep calm!* Estas serão distribuídas durante todo o bimestre, visto que teremos atividades avaliativas em todas as aulas. Sim, eu disse “todas as aulas”! Portanto, sua presença é fundamental durante todo o processo- as notas serão dadas de acordo com as participações efetivas individuais e em grupo. Conforme o capítulo reservado para cada aula, você receberá o texto impresso e poderá consultá-lo durante as atividades. Para um melhor aproveitamento de seu estudo, você deve:

- i) Interromper a contação de história a qualquer momento em caso de dúvida/ comentário a respeito do assunto em pauta;
- ii) Grifar (e anotar) as informações consideradas por você como mais relevantes no capítulo, já que haverá uma atividade de interpretação de texto a cada final de aula e, obviamente, os grifos/ notas podem auxiliar na construção das respostas. Obs.: Cada atividade (PC- Pergunta do Capítulo) é constituída por uma ou, no máximo, duas questões discursivas, com um tempo estipulado de 40 minutos para serem respondidas (podendo ser estendido, de acordo com o horário da aula, caso necessário). Ademais, a PC será sempre uma atividade coletiva, cujos parceiros deverão manter sua formação original até o final do bimestre.

No mais, deleite-se na poesia do saber científico. Aprenderemos muito juntos e *shallow now!* ☺

Rayana Cruz - autora do livro *Estrelas também falam*.

“Tudo no mundo começou com um sim. Uma molécula disse sim a outra molécula e nasceu a vida. Mas antes da pré-história havia a pré-história da pré-história e havia o nunca e havia o sim. Sempre houve. Não sei o quê, mas sei que o universo jamais começou [...] Enquanto eu tiver perguntas e não houver resposta, continuarei a escrever. Como começar pelo início, se as coisas acontecem antes de acontecer?”

LISPECTOR, C. *A hora da estrela*. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.

5- PERGUNTAS DE INTERPRETAÇÃO DE TEXTO

PC1: Atividade 3- Perguntas Capítulo 1

Nomes: _____
Escola: _____
Turma: _____
Data: _____
Identificação do grupo: _____

PC1A- Pelo que foi lido no capítulo 1, Neutrina chegou da escola tão triste que foi direto para o seu quarto sem nem perceber as estrelas no céu. Na sua opinião, por que Neutrina estava triste assim?

PC1B- No trecho: “Eu faço parte do céu? Até acho bonito às vezes e tal, já imaginei desenhos nas nuvens e quis come-las, confesso... Mas... O que o céu tem a ver comigo?”, é possível perceber que Neutrina ainda desconhece a importância das estrelas para sua própria existência. Contudo, após esse questionamento, ao longo do capítulo 1, o narrador explica um pouco dessa importância. De acordo com os diálogos entre a menina e o narrador, como é possível relacionar as estrelas do céu com a vida de Neutrina?

Obrigada! ☺

PC2: Atividade 4- Perguntas Capítulo 2

Nomes: _____
Escola: _____
Turma: _____
Data: _____
Identificação do grupo: _____

PC2A- Neutrino entendeu que, à medida que a sopa cósmica esfriava, as condições para a formação do átomo ficavam mais favoráveis. Descreva a estrutura de um átomo.

PC2B- Quais foram os primeiros elementos químicos formados a partir do Big Bang?

Obrigada! 😊

PC3: Atividade 5- Pergunta Capítulo 3

Nomes: _____

Escola: _____

Turma: _____

Data: _____

Identificação do grupo: _____

PC3- “Humn, então as estrelas nascem... Interessante!” Neutrina falou isso ao saber que as estrelas nascem. O capítulo 3 conta como a menina foi vendo esse processo de nascimento estelar. Agora que você já cumpriu mais essa etapa da missão Astroquímica com Neutrina: Como nasce uma estrela?

Obrigada! 😊

PC4: Atividade 6- Pergunta Capítulo 4

Nomes: _____

Escola: _____

Turma: _____

Data: _____

Identificação do grupo: _____

PC4- No trecho: “E, com essa riqueza toda de elementos na Evolução Química, acho que as gerações de estrelas são tipo gente do bem, gente disposta a ajudar, rolou uma química do bem no universo...”, Neutrina compara as gerações de estrelas às pessoas do bem. Na sua opinião, o que ela quis dizer com isso? O que caracteriza alguém como uma pessoa do bem?

Obrigada! ☺

PC5: Atividade 7- Pergunta Capítulo 5

Nomes: _____

Escola: _____

Turma: _____

Data: _____

Identificação do grupo: _____

PC5- No capítulo 5, o narrador compara o coração estelar à estrutura de uma cebola. Considerando tal comparação, descreva o interior de uma estrela.

Obrigada! ☺

PC6: Atividade 8- Pergunta Capítulo 6

Nomes: _____
Escola: _____
Turma: _____
Data: _____
Identificação do grupo: _____

PC6- No capítulo 6, Neutrina finalmente encontra uma supernova. Com isso, ela lembrou alguns trechos da poesia, cujo título é o seu próprio nome- Neutrina. “Aqui jaz uma estrela” foi um dos versos recordados pela menina. Depois de tantas etapas na missão, como podemos relacionar esse verso com o título da poesia?

Obrigada! 😊

6-AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Conto com sua opinião, seja ela qual for!

1- O que você achou do tema Astroquímica trabalhado neste bimestre?

Escala de 1 a 5: onde 5 = Muito Interessante e 1 = Irrelevante

5 4 3 2 1

2- Como você avalia nossos encontros para realização dos trabalhos?

- Muito satisfatórios
 Satisfatórios
 Regulares
 Insatisfatórios
 Muito insatisfatórios

3- Você visualizou nas atividades realizadas e nas aulas dadas que o assunto sobre as estrelas tinha relação com o ser humano?

Sim Não

Exemplifique:

4- Qual(is) a(s) parte(s) do livro trabalhado e/ou das atividades realizadas que mais chamou sua atenção?

Comente:

5- Na sua opinião, o livro trabalhado e as atividades realizadas foram relevantes para você refletir sobre o valor do ser humano?

Sim Não

Comente:

6- Utilizando uma escala de 1 a 5, onde 1 quer dizer “**não** compreendi muito bem” e 5 quer dizer “compreendi muito bem”, como você avalia sua compreensão dos conteúdos listados abaixo:

- Big Bang
- Evolução química do universo
- Nucleossíntese primordial
- Nucleossíntese estelar
- Conceito de partículas elementares (quarks, elétrons, neutrinos...)
- Conceito de átomo
- Nascimento de estrelas
- Vida estelar (como é o interior das estrelas)
- Morte estelar
- Principais elementos químicos presentes no corpo humano

7- A maneira como as atividades foram realizadas facilitou sua compreensão dos conteúdos estudados? Justifique.

8- O que você acredita que poderia ter melhorado ao longo das aulas? Registre aqui alguma sugestão ou comentário sobre as aulas e atividades desenvolvidas neste bimestre.

Obrigada! ☺

APÊNDICES DO PRODUTO EDUCACIONAL

APÊNDICE A- Obra literária paradidática

Estrelas também falam

Astroquímica numa perspectiva de valorização humana



Imagem: Adaptações da autora
(Fonte: <http://www.outromundo.net>)

Obra literária paradidática

Autora: Rayana Cruz

Colaborador: Wander Gomes Ney

Campos dos Goytacazes-RJ, 2019

À minha mãe, Cremilda Machado Barcelos, que sempre me apoiou e tanto me incentiva na construção de conhecimento. Palavras? Entrega. Seus verbos são atitudes de cuidado, detalhes de uma bananinha cozida, conversas partilhadas em sinceridade, aconchego de quem ama verdadeiramente. Olhar de costureira, determinação de mulher, força de pedreira, inteligência de quem aprendeu a “se virar”, superação no acreditar... A maior base edificada por Jesus na minha vida! Simples e grandiosamente, amo você, mãezinha.

E Deus viu tudo quanto fizera, e era muito bom.
Bíblia Sagrada

Sumário

Agradecimentos.....	181
Sobre a autora.....	182
Prefácio.....	183
CAPÍTULO 1- CÉU DE NEUTRINA	185
CAPÍTULO 2- NO PRINCÍPIO.....	194
CAPÍTULO 3- NASCE UMA ESTRELA	203
CAPÍTULO 4- QUÍMICA DO BEM	208
CAPÍTULO 5- BEM NO INTERIOR.....	212
CAPÍTULO 6- ESTRELAS TAMBÉM FALAM.....	225

Agradecimentos

Fundamentalmente, agradeço a Jesus por viver no meu imperfeito coração cristão. Tenho esse tesouro em vaso de barro, e como é bom reconhecer a vida além do pó.

Em especial, agradeço à minha mãe, Cremilda Machado Barcelos por ser quem ela é. Ao dedicar-lhe essa obra, minha gratidão já se expressava em elogios, mãezinha. Contudo, quando penso nessa mulher incrível que você é, sinto que as palavras de agradecimento são potencializadas de tal maneira que excedem meu entendimento; minha escrita simplesmente sublima em amor, o qual transpassa qualquer grafia.

Por fim, como uma vez PETiana, sempre PETiana, expresso aqui minha gratidão ao Programa de Educação Tutorial - PET Ciências da Natureza - por ser meu lar de ideias em ação desde a graduação e, neste lar, agradeço ao professor Wander Gomes Ney por ser tão empático e honesto em sua profissão. Fessor, você é mais do que o colaborador dessa obra, você é minha referência híbrida de conhecimento e simplicidade.

Sobre a autora

Rayana Machado Vicente dos Santos Cruz é mestranda em Ensino de Física pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF (polo do Instituto Federal Fluminense- IFF *campus* Campos Centro), graduada em Licenciatura em Ciências da Natureza e em Química (IFF) e possui formação técnica em Química (IFF). Rayana é uma professora pesquisadora que se permite aprender e ensinar ciência reconhecendo a arte da vida em sua humanidade. Nota: As poesias apresentadas ao longo deste livro, a saber: Canto da alma; Neutrino; e Tintas na tela, são letras de músicas compostas pela autora.



Prefácio

As estrelas do céu falam? Talvez seja essa sua pergunta ao ler o título deste livro. Desculpe, mas a profundidade desse questionamento não combina com o imediatismo de uma resposta do tipo “sim” ou “não”. Podemos pensar juntos enquanto você se permite viajar com Neutrina e seu grande amigo: eles entraram numa missão Astroquímica incrível em busca de estrelas que podem clarear essa resposta embaçada. Ah, e esse não é um livro sobre astrologia, o assunto aqui é astroquímica- um ramo da ciência que, entre outras atribuições, te convida a entender a química das estrelas. Articulando conceitos da formação química do universo e sua relação com o ser humano, ousou dizer que este livro foi feito para você aprender um pouco de astroquímica enquanto reflete sobre sua própria existência.

Diferentes cores de pele, cabelos, organização social, além da pluralidade do mundo subjetivo, assim são os seres humanos imbuídos de suas diversidades. Vidas tão distintas, mas com uma profundidade que excede a exterioridade: a dignidade humana. Diante da complexidade do mundo atual, repensar o conhecimento científico numa perspectiva de valorização do ser humano é uma proposta desafiadora, emergente e necessária. Pessoas aprendem a respeito de si mesmas, da matéria, do universo, da diversidade, possibilitando a aplicação do conhecimento científico em várias esferas da vida humana. De onde viemos? De que material nosso corpo é feito? Como surgiu o mundo ao nosso redor? Quem somos nós, humanos, na imensidão do universo? As estrelas do céu, os átomos e os elementos químicos podem contribuir, e muito, para esse entendimento.

Desde criança, Neutrina sentia a responsabilidade de ser gente. Menina forte que estuda, sorri, corre, cansa, canta, se desencanta, se cala. Permita-me lhe apresentar, caro leitor: essa não é Neutrina. Seja paciente, ela também não se conhece ainda. Opa, finalmente, chegou a adolescência! Nessa fase, nós, seres humanos, temos muitas oportunidades de firmar nossa identidade vivenciando descobertas que ampliam a visão de mundo, de si mesmo e do outro. Neutrina está crescendo e, com ela, a vontade de ter um corpo novinho em folha, intacto, sem as marcas de um passado que insiste em silenciar sua iminente voz. Nessa etapa da vida, Neutrina compõe músicas tão sinceras que nem ela entende muito bem, são expressões do sentir, mesmo sem saber dar nome ao que se sente.

Ao finalizar uma composição meio triste, Neutrina conversa com seu grande amigo e, na esperança de refazer seu corpo, ela decide entrar na tal missão Astroquímica em busca de estrelas grandiosas. Numa linguagem poética e também bastante informal, este livro conta detalhes científicos dos acontecimentos que Neutrina presencia ao entrar nessa missão. O

livro se estrutura em um constante diálogo entre a menina e seu amigo, o qual é o narrador personagem dessa história. Ele a conhece há muito tempo e, em sua onisciência, sabe o que se passa nos momentos tristes de sua amiga - e se importa com isso. Rompendo o silêncio, ambos concordaram em compartilhar a experiência dessa missão com você; desfrute com todos os sentidos possíveis!

Grande parte dessa história é fictícia, mas a pesquisa científica envolvida, a boa vontade do amigo e o coração de Neutrina são reais. Sutilmente, peço licença para que a leitura deste livro te conduza a lugares inimagináveis, tais como para dentro de você mesmo. Assim como o ser humano, o conhecimento científico é um processo em construção, é dinâmico, mutável e, nesse movimento, permito-me sentir: “E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria.” A ciência abre caminhos para o (re) conhecimento, e meus pés estão dispostos a andar junto com Neutrina e seu amigo nessa missão. Com muito amor e empatia, te convido a sentir cada entrelinha dessa obra.

Rayana Cruz

CAPÍTULO 1- CÉU DE NEUTRINA

O céu estava lindo naquela noite, parecia um cobertor escuro feito de luzinhas de Natal: muitas estrelas, muitas mesmo! Olhos humanos não poderiam contá-las de uma janela, mas elas, aah, as estrelas contam lindas histórias de vida. Aquele brilho chamava atenção, a dança estelar parecia piscar para Neutrina, uma linda menina de 14 anos, repleta de sonhos adormecidos.

Olhar para o alto é encantador! Contudo, a pequena Neutrina não percebeu a imensidão daquele cobertor aconchegante, pois chegou da escola de tardezinha e foi direto para o quarto, nem viu essa tal noite bonita chegar. Ah, o céu de Neutrina... Para onde você direciona seu olhar, menina? Não verás o céu enquanto estiver olhando para o chão. O céu de Neutrina pode ser chão frio ou teto quentinho... Cabeça baixa, palavras dormindo em folha branca, e um canto tímido nos lábios ao compor mais uma canção, há quem diga que seria uma oração:

“Canto da alma

Brisa na varanda e no meu portão ninguém me chama pra dizer oi

Já passou a banda, já tocaram, a música se foi

Num dia como outro qualquer do calendário

Mulher no quarto relembrando o seu diário

E no silêncio se balança a criança em mim

Cantando num canto, o meu canto Deus vai ouvir

O canto da alma num dia comum de sol

O canto que fala o que eu não sei falar

Num canto minhas malas que carreguei tão só

O canto da alma pro dia ficar melhor.”

No rosto, um brilho estelar, nem mesmo a tristeza apaga. Na agenda, folhas rabiscadas, datas de prova, testes, trabalhos e um monte de *et cetera*. Pensamentos de menina, compromissos de mulher, além de alguns desenhos que dispensavam olhares curiosos. Na velha mochila *jeans*, ainda fechada, estava um material incrível, mas que ainda precisava do seu olhar. Olhar de estudante? Olhar de ser humano.

-Ei, tá me narrando? Tô meio triste mesmo, ia até pedir pra você me contar uma história hoje antes de dormir pra ver se me alegro um pouco, mas acho que você já tá até contando, não é verdade? E é a minha história... Então, quando chegar a parte do “*the end feliz*”, me avisa, rs...

-Pois é, tô pensando alto aqui sobre sua vida... É que toda vez que te vejo com essa carinha, eu sinto sua dor também... Ai, ai, Neutrina, ainda tem tanta alegria pra gente compartilhar...

-No fundo, no fundo, eu sei, meu amigo... Seus pensamentos, suas palavras, sei lá, sempre me tiram um sorriso tão honesto, sinto paz! Aah, e por falar em sorriso honesto, acho que esse papo aí de “olhar de estudante” não vai me animar muito hoje não... O conhecimento me alegra, me encanta, você sabe disso, mas realmente não tô nem um pouco a fim de estudar nada hoje...

-Tudo bem, não precisa abrir sua mochila hoje... Inclusive, nem o livro de ciências na página 82 agora, rs... Te convido a olhar para o céu primeiro, você faz parte dele!

“Eu faço parte do céu? Até acho bonito às vezes e tal, já imaginei desenhos nas nuvens e quis come-las, confesso... Mas... O que o céu tem a ver comigo?” Disse Neutrina enquanto olhava para qualquer lugar de seu quarto.

-O que o céu tem a ver com você? Bom, eu sei que você conhece minha voz suave, eu também conheço a sua, mesmo que, algumas vezes, você me diga só “oi” de manhã, escuto seu coraçãozinho todos os dias, minha amiga. Então vem comigo, permita-se sentir a arte dessa poesia, um dia você ainda vai escrevê-la e cantá-la:

Neutrina

É o Big Bang!

No principio era o verbo

E o verbo me fez
Como quem conta uma história,
Era uma vez
Coração não batia, vida sem forma, vazia,
Nem hidrogênio existia pra tudo mais se formar
Mistério tão quente, um sopro vivente,
Poeira de gente querendo brotar
É o Big Bang!
É o Big Bem que eu te avisei,
É o Big Bem que eu te avisei, meu bem
No princípio era o verbo
Vivendo o amor
Qualquer semelhança é mera convivência
Universo de perto
Corpo nu,
Aqui jaz uma estrela.

-Puxa, fala do universo e, mesmo sem entender muito bem, acho que meu coração dançou... Mas... “Poeira de gente querendo brotar”? Como assim?

-Isso! Fala do universo, fala de estrelas, fala sobre você! Neutrino, olho pra você e percebo um ser de essência tão bonita, um ser de vida, um ser humano! Suas mãos, seus pés, seu coração, seus gestos, você tem vida, voz, movimento! Terra! Você é uma habitante desse planeta inquieto. Planeta esse que abriga suas vivências, mas que não formou sua estrutura básica: a matéria que compõe seu corpo...

-Matéria?

-Quando falo “matéria”, tô me referindo aos átomos, eles são os pedacinhos bem pequenininhos dos elementos químicos que formam seu corpo todo...

-Mas meu corpo é formado por pele, osso, nariz, essas coisas assim...

-Sim... Você tem pele, nariz, pulmão, coração, cérebro etc... Seus membros e órgãos fazem parte do seu corpo, mas são os elementos químicos que formam tudo isso!

-Humn... Os elementos químicos... E você falou que, mesmo eu vivendo na Terra, esse material do meu corpo não foi formado nela? Como assim?

-Exatamente... Os elementos químicos que constituem sua estrutura realmente não vieram da Terra... É porque eles precisam de muita energia para serem formados... O planeta Terra não tem energia suficiente pra isso...

-De onde vieram os elementos químicos então? Que eles chegaram de algum jeito aqui na Terra, aah chegaram... Afinal, eu tô aqui, meu corpo tá vivo... Mesmo me trazendo lembranças ruins...

Com o pensamento distante e, ao mesmo tempo, tão próximo de sua realidade, Neutrino foi deslizando seu olhar para o chão enquanto dizia:

-Ai ai, as vezes passo noites e mais noites estudando, pesquisando, pensando em como apagar as marcas tristes que meu corpo carrega, quem sabe um dia eu consiga...

-Sei bem dessa tristeza, por isso te convidei a observar o céu: essa matéria que constitui seu corpo veio de lá, veio das estrelas... Elas espalharam os elementos químicos pelo espaço, e grande parte desses elementos compõe a sua estrutura... Por isso insisto, olhe além da sua janela, tem poesia da poeira estelar ao pé da terra! Sua origem é muito encantadora... Estrelas brilham e dançam na imensidão do universo, uma verdadeira obra de arte!

-Uauuu, então o material que tá no meu corpo veio das estrelas?! Poeira estelar... Acho que por isso que meu coração dançou ao ouvir aquela poesia, minha essência sorriu em sintonia com o céu. Logo eu, eu que gosto tanto de escrever o que sinto, gosto de expressar nos rabiscos o que não falo pra ninguém, me percebo num refúgio sem resposta... Não imaginava que o céu poderia me responder algum dia, dizer algo sobre mim, e algo bom.

E o silêncio prevaleceu por alguns minutos... Até que Neutrino, esboçando certo otimismo, teve uma brilhante ideia:

-Eeeii, já que meu corpo é feito de um material que veio das estrelas, será que eu poderia ir lá e pedir pra elas trocarem esse material?

-Como assim? Você quer tirar os átomos do seu corpo?

-Quero substituí-los: Tirar os elementos químicos que formaram meu corpo e colocar outros novos no lugar... Trocar cada partezinha por elementos iguais a esses que já tenho em mim, só que novos, “zerados”!

-Humn, então você quer elementos iguais a esses que já fazem parte da sua estrutura, mas que ainda não foram lançados na Terra...

-Isso! Exatamente isso!

-Bom, o material que formou seu corpo veio de estrelas chamadas supernovas num passado beem remoto... O pó que formou o seu corpo veio dessas estrelas que já lançaram seus elementos na Terra há muito tempo; ou seja, essas supernovas antigas não tem esse material “zerado” que você quer encontrar...

-Humn... Mas não existem supernovas mais recentes não? Estrelas que ainda não distribuíram seus elementos químicos pelo espaço? Porque eu queria um material totalmente novo no meu corpo...

-Supernovas recentes... Existem sim! Elas ainda surgem com grande esplendor no universo! Inclusive na própria galáxia onde você mora...

-Aqui na Via Láctea?

-Exatamente! Tá sabendo bem, hein...

-Lembro de ter lido alguma coisa sobre isso, parece que é meio branca, tipo leite...

-É isso mesmo... Observada da Terra, a Via Láctea parece uma faixa bem brilhante, então os gregos antigos viam como um “caminho de leite” no céu, daí o nome “Via Láctea”.

-Mas dá pra ver ela mesmo?

-Dá sim! Como as pessoas estão nessa galáxia e ainda não podem sair dela pra olhar “por cima”, essa observação é feita dentro da própria Via Láctea. Porém, com tantas lâmpadas acesas nos prédios, casas, lojas; em fim, com tanta poluição luminosa, às vezes fica difícil ver esse caminho, mas ele continua lá, e é lindo!

-Humn, entendi... E o que é que tem dentro da Via Láctea?

-Ishii, muita coisa... Acompanha o raciocínio: Você tá no planeta Terra. A Terra, juntamente com outros planetas, faz parte do sistema solar. O sistema solar, por sua vez,

ocupa apenas um pequeno pedaço da Via Láctea; ou seja, podemos pensar nessa galáxia como um lugar realmente muito grande!

-Uauu!!! É como se eu morasse numa mansão, e ainda sobra espaço, rs...

-Haha, isso mesmo! E essa “sobra de espaço” tá cheinha de estrelas... Tem centenas de bilhões dessas belezuras por aqui! Digamos que elas compõem um grande quintal luminoso nessa mansão chique, rs.

-Ebaa! Pra meu sorriso ficar mais aberto, só falta você me dizer que todas essas estrelas são supernovas...

-Quero ver esse sorriso... No entanto, de fato, poucas são as estrelas que possivelmente se tornarão uma supernova na Via Láctea...

-Sério? Puxa, você disse que as supernovas continuam surgindo... Mas, pelo que tô vendo, deve ser bem difícil encontrar alguma aqui...

-Supernovas são enormes e muito massivas... E, diferentemente das estrelas menores, não são muito recorrentes nessa galáxia. O tipo de estrela mais abundante na Via Láctea são as chamadas anãs vermelhas, que são estrelas relativamente pequenas, com aproximadamente metade da massa do sol. É que, nesse “cenário via lácteo”, as fabulosas supernovas aparecem como grandes protagonistas... Pra você ter uma ideia, os cientistas conseguiram detectar vestígios que indicam o surgimento de, em média, apenas uma supernova a cada cinquenta anos na Via Láctea.

-Humn... Uma supernova a cada cinquenta anos... Será que eu tenho chance de encontrar alguma?

-Bom, dentre a listinha de estrelas dessa galáxia, temos, por exemplo, a estrela *Rigel* e a *Betelgeuse*, as quais podem se tornar supernovas daqui a algum tempo...

-Algum tempo...

Já desanimada com a incerteza da espera, Neutrino foi dissipando a expectativa de um encontro que, muito provavelmente, não aconteceria naquele momento. Percebendo a solidez da realidade, ali estava minha sublimação renovando o rumo da nossa conversa:

-Até agora, estamos falando da Via Láctea... Entretanto, existem mais galáxias no universo...

-Ah é? Existem outras galáxias?

-Sim, o universo visível tem cerca de dois trilhões de galáxias!

-Nossaaa!

-E... Calculando direitinho, podemos considerar que surgem nele centenas de supernovas a cada segundo!

-Opaaa! Agora sim, hein... Centenas de supernovas por segundo! Isso tá mais sortido do que fogos em virada de ano!

-Muito mais! O céu de supernovas vai além do que seus olhos podem ver! Mesmo com o monitoramento por meio de telescópios poderosos, a grande maioria das supernovas passa despercebida pelos cientistas... Mas elas estão lá, continuam surgindo na imensidão do universo...

Ao pensar nesse mundo de impossibilidades possíveis, Neutrina lapida sua ideia inicial:

-Então é isso! Vou fazer meu pedido às estrelas supernovas mais recentes, seja na via Láctea ou em qualquer outra galáxia... Acho que só assim vou poder refazer meu corpo, minha estrutura, apagar as marcas que ele carrega...

Como quem esperava uma palavra de incentivo ou, no mínimo, um “tá”, ela fitou os olhos em mim e prosseguiu dizendo:

-Puxa, amigo, você que conhece tudo lá fora e, aliás, aqui dentro também, pois me conhece tão bem... Você pode me levar até essas supernovas novinhas?

-O que, realmente, a senhorita quer com isso?

Após respirar bem profundamente, ela me respondeu:

-Ter um corpo sem marcas ruins... Queria não ser o eu de agora... Na verdade, queria ser eu, mas sem as histórias que meu corpo tem pra contar (ou não contar). Não gosto de muita coisa que vivi... Tá acendendo aqui uma esperança de apagar um passado ruim, deixar tudo novo, intacto... Não sei até quando conseguiria manter uma novidade de vida assim, mas o que sei é que quero muito encontrar estrelas novas, estrelas que tenham elementos “zerados” pra me oferecer... Vou pedir pra elas refazerem tudo em mim como quem refaz um quadro cheinho de detalhes...

-Refazer sua estrutura, humn... Um jeitinho bem complexo de apagar marcas, hein! Vamos pensar: o caminho que seu corpo percorreu até aqui foi longo, vai além do que você lembra, é uma trajetória desde sua constituição material. A ciência chama esse material de átomos; ou seja, mudar a realidade da sua estrutura implicaria, até mesmo, numa mudança de sua constituição atômica...

-Não tem problema, que assim seja... Pelo menos é a chance que eu tenho de mudar minha história, minha realidade...

-Entendo... Por falar em história, teríamos que começar essa mudança numa missão bem inusitada, a missão Astroquímica!

-Astroquímica? Isso é de comer, rs?

-Haha, nananinã... Astroquímica é uma área da ciência que estuda os fenômenos químicos que acontecem no espaço e investiga a constituição de cada partezinha dos átomos e a evolução química do universo... Portanto, se você fizer parte da missão Astroquímica, dentre muitos outros conhecimentos de vida, será possível saber como os elementos químicos se formaram, inclusive os que fazem parte do seu corpo.

-Nossa, que ciência incrível... Quero entrar nessa missão Astroquímica com certeza!

-Que bom! A missão não será fácil, mas viveremos cada etapa juntos, tá... Lembre-se sempre dessa união e tenha bom ânimo!

-Humn, difícil já tem sido a vida por aqui... O que tem exatamente lá nessa missão?

-Vou te mostrando no caminho, mas lá vai um *spoiler*: passaremos por um possível evento que ocorrera há muito tempo, o Big Bang...

-Big Bang? Tipo aquela poesia? Por quê? Já ouvi falar nessa coisa quente antes, só não sabia que minhas explosões internas levariam meus pensamentos frios pra lá...

-É que o processo de formação dos elementos químicos começou após esse evento... E, já que você quer encontrar supernovas recentes pra fazer um pedido peculiar desses, é importante conhecer a história de vida delas, pois se entrelaça com a sua. Então, Neutrina, tá disposta a entrar nessa missão?

-Humn, primeiro você me disse sobre eu ser de origem encantadora, estelar, e confesso que gostei... Mas agora me joga nesse caldeirão, já não sei se quero voltar lá, rs.

-Ah é, eu não te falei... O interior das estrelas também é extremamente quente, muito energético! Mas pense num abraço bem aconchegante de quem quer trazer vida...

-Humn, as estrelas são assim? Interessante, gostei... Céu, teto quentinho... Pois bem, quero entrar nessa missão... Aceito passar pelo possível Big Bang para chegar no cobertor aconchegante de estrelas...

-Teremos um longo caminho pela frente, hein... Está mesmo disposta a encontrar as estrelas?

-Inteiramente disposta, amigo! Já vou até ensaiando pra não ficar atônita diante de tanta beleza e dar branco na hora... Quando encontrá-las, vou pedir assim: queridas estrelas, por favor, troquem os elementos químicos que formaram meu corpo por outros novos... Nunca vos pedi nada, rs.

-Tá certo, conheço bem esse sorriso de quem fala sério... Então prepare o coração, Neutrina! Como tela que se move com fôlego de vida, você é arte revelada no caminho. Não tenho a pretensão de te dizer o que é ou não possível sobre sua reestruturação, mas podemos repensar seu universo particular, suas marcas, sua história, a partir da elegância desse

universo tão grandioso que te acolhe. E lá vamos nós na missão Astroquímica em busca das estrelas!

CAPÍTULO 2- NO PRINCÍPIO...

-Cadê a nave?

-Nave?

-É, a gente vai viajar de quê pra encontrar as estrelas?

-Pés no caminho!

“O que? A gente vai percorrer tudo a pé nessa missão? É muito longe...”, disse Neutrina já cansada antes mesmo de começar a nova jornada.

-Respira fundo, coloca aquele seu “tênis *fitness*” que, numa velocidade bem diferente da que você tá acostumada, com um passo de cada vez, chegaremos juntos!

-Tá bom... Não sei como vai ser isso, mas já tô até alongando...

-Isso aí, tenha bom ânimo! Você falou sobre esperança... No caminho que vamos percorrer até encontrar as estrelas, traremos justamente isso à sua memória, o que te dá esperança! Podemos começar ressignificando coisas simples: sabe aqueles elementos químicos da tabela periódica?

-Os tais da página 82 do meu livro de Ciências?

-Exato! Então, isso não é para ser decorado, mas apreciado, vamos bater palminhas e agradecer pelos elementos químicos que essa tabela apresenta! Afinal, muitos desses elementos formam a estrutura física dos seres humanos, representam sua natureza atômica, e isso é precioso demais, revela a beleza da existência em detalhes tãooo pequenos.

“Big Bang, poeira estelar, tabela periódica, seres humanos... Já que sou feita de átomos, espero saber mais sobre eles nessa missão, assim vou saber mais sobre mim também!” Disse Neutrina enquanto se olhava no espelho de seu guarda-roupa e, já com a imaginação florescendo, enxergava átomos e moléculas incríveis passeando pelo seu corpo.

“Átomos, átomos, átomos!!!”, dizia a menina, repetida e incansavelmente, impressionada com o que estava vendo. Dona de um olhar desconfiado e temeroso, porém ainda curioso e bastante sonhador, Neutrina estendeu as mãos em direção ao espelho e, finalmente, ousou tocar em seu reflexo.

“Um espelho movediço!”, gritou a menina ao sentir suas mãos afundarem no seu próprio reflexo. Assustada, Neutrina se afastou rapidamente e, com muito medo, fechou os olhos por alguns instantes. Após o espanto, ela volta seu olhar para o tal “espelho movediço” e, se afastando, passo a passo, ia vendo seu reflexo no espelho cada vez mais longe, talvez fosse mais cômodo assim.

-Ei, Neutrina! Tens medo? Calma, tô aqui com você... Não precisa se ver de longe, chegue mais perto do espelho, se enxergue, você vai perceber o quão incrível é ser você! Viu aqueles átomos? Formidável isso, não é mesmo? Você acabou de ter uma experiência bem incomum, pois os átomos são tão tão pequenos que não se pode vê-los a olho nu.

-E eu tô vendo vários deles... Por que isso tá acontecendo?

-Abrir os olhos para os detalhes da vida pode te fazer enxergar a plenitude que existe dentro de você... Nossa missão Astroquímica começa aqui no seu espelho! A palavra “átomo” tem origem grega, significa “o que não pode ser partido”, pois antigamente muitos pensadores acreditavam que o átomo seria a menor parte da matéria. Contudo, a ciência já descobriu que o átomo não é indivisível, ele é feito de várias outras partes...

-Nossa, então existem coisas ainda menores que um átomo? Eu tô é passada! Quais são essas partezinhas? Como elas se formaram?

-Ahh, um átomo é composto por elétrons, núcleo e muitas outras partezinhas, muitas mesmo! Diversos cientistas já foram em busca desse quebra-cabeça e, agora, com sua imaginação, podemos encontrar essas pecinhas em lugares maravilhosos, grandes ou pequenos, dentro ou fora, mas sempre em você mesma... Aproxime-se do espelho, Neutrina. Olhe. Olhe mais de perto. As estrelas que você tanto quer encontrar podem estar mais próximas do que você imagina... Vamos em busca da sua estrutura atômica, mergulhe em você!

Ao som dessa voz encorajadora, a menina foi caminhando para o espelho novamente e, em poucos instantes, lá estava ela estendendo as mãos em direção ao seu reflexo de novo, mas, agora, um pouco mais confiante.

-Vou mesmo! Estrelas, tô indo, hein... Ops, acho até que já fuuuuuui!

Na esperança de encontrar as estrelas que deram origem à sua estrutura atômica, lá se foi Neutrina: entrou no espelho de seu guarda-roupa, que mais parecia um portal misterioso, mas que seria seu caminho de coragem na busca por pedacinhos de si mesma. Pe-da-ci-nhos?

Um silêncio de paz, mesmo no escuro... Assim foi o ambiente que Neutrina percebera ao chegar do outro lado do espelho.

-Que lugar é esse? Não dá pra ver nada, se pelo menos tivesse uma estrelinha brilhando já ajudaria, mas parece que pintaram o céu de preto...

Ainda temerosa, a menina pensava numa maneira de enxergar sua nova realidade; quando, de repente, viu um pontinho luminoso bem pequeno crescendo na escuridão, foi tudo muito rápido, extremamente quente, intenso e tomou uma proporção grandiosa, parecia uma explosão, mas não tinha som.

-Uauuu, que bum!!! E esse calor de lascar!!! Onde nós estamos? Tá parecendo um deserto de tão quente...

-Seja muito bem-vinda ao Tabuleiro da Existência! Ao entrar no espelho, foi possível viajar no espaço-tempo e chegar num passado beem antigo para saber um pouco sobre como foi a origem química do universo; ou seja, a origem dos elementos químicos que formaram as galáxias, o sol, a Terra, as flores e, inclusive, o seu próprio corpo! O que você acabou de presenciar foi, segundo a ciência, um fato muito mais do que histórico, trata-se de um marco universal que ocorrera entre dez e vinte bilhões de anos atrás: o Big Bang!

-Aahh, o tal Big Bang daquela poesia bonita...

-Exato! Grande parte da ciência propõe que havia muita energia concentrada num pontinho muito pequeno, chamado de átomo primordial... De alguma forma, ainda pairando o desconhecido, esse átomo primordial foi desestabilizado, gerando uma graaande “explosão”, o Big Bang! Com isso, muuuita energia foi liberada, uma quantidade gigantesca mesmo!

-Humn, interessante! Mas espera... Olha lá, olha lá: tem um monte de coisinhas pequenas ali na frente, parecem até grãos de milho, ervilha, sei lá, e tem outras um pouco maiores também, tipo pedaços de batata... Tá tudo num panelão de sopa quente!

-Haha, pensar em comida é até uma forma gostosa de encarar esse calor! É tipo isso mesmo... Uma sopa muito quente, só que cheia de pedacinhos de universo: uma sopa cósmica! A partir do Big Bang, em fração de segundos, começaram a surgir algumas partículas elementares, tais como quarks, neutrinos, elétrons...

-Partículas “elemen..” o quê?

-Elementares, também chamadas de fundamentais... São partículas que não são feitas de outras partículas... Pense num “pedacinho” de algo que não dá pra dividir porque não tem nenhuma partezinha menor dentro dele.

-Ah tah, entendi... Vou pensar num pedaço de bolo de chocolate bem pequeno então, acho que eu ia comer tudo sozinha, não ia querer dividir, rs.

-Haha, mas isso você ainda pode dividir! Pense na migalha desse bolo então... Na verdade, ainda dá pra dividi-la também, mas acho que essa migalha é um bom exemplo pra você ter noção do tamanho e das proporções que estamos falando... As partículas elementares são tão pequenas que, de fato, são indivisíveis!

-Uia, então esse tal de quark, o neutrino, o elétron... Isso tudo é realmente muito pequeno mesmo...

-Umaz miudezas, mas incrivelmente importantes! Além disso, quando necessário, sabem muito bem trabalhar em equipe: os quarks, por exemplo, estão sempre juntos em trios

chamados de bárions... E não é trio elétrico de festa que ninguém se conhece direito, é trio com três quarks fortemente unidos...

-Humn, entendi... Mas, em “particular”, uma partícula me chamou atenção, rs... O nome é quase o meu, acho que tô podendo, rs...

-Aah sim, o neutrino... Puxa, ele é um dos tipos de partículas elementares mais abundantes no universo!

-Famosinho ele, hein, rs...

-Pra você ter uma ideia, a cada segundo, uma imensidão de neutrinos atravessa a superfície da Terra...

-Eita!

-Mas quanto ao “famosinho”... Na verdade, o neutrino não é tão reconhecido assim não, pois é muito difícil detectá-lo, passa despercebido por aí no meio das pessoas.

-Puxa, mesmo com tanta gente no mundo andando pra lá e pra cá, acho que ele deve se sentir sozinho, “invisível” pra essas pessoas, sei bem como é isso...

-Mas o bom é que ele existe e, independente de ser notado ou não, continua em movimento, e com muuuuita energia... Certo, Neutrino?

-Se você tá dizendo... Certo!

-Feliz os olhos de quem percebe os detalhes... Existem muitas partículas fundamentais, mas, por agora, o mais importante é você saber que, depois do Big Bang, esse tipo de “pedacinho” foi surgindo bem rapidinho! E tudo continuou ligeiro por lá... Em até três minutos, já estavam formados os prótons e os nêutrons também, ambos compostos por quarks que foram se juntando naqueles trios que te falei, chamados de bárions...

-Humn, então, seguindo essa linha de raciocínio... Prótons e nêutrons não são partículas elementares, já que são formados por quarks, certo?

-Certíssimo! Bom, de maneira geral, podemos dizer que todas essas partículas estão no tal “panelão de sopa quente” que você estava falando. Lembra de quando te falei sobre existirem coisas ainda menores do que um átomo?

-Ishii, lembro sim, fiquei mais passada do que roupa chique ao saber disso, rs.

-Então, todas essas partículas são um bom exemplo dessas miudezas, tanto as elementares, quanto os prótons e nêutrons! Quando falamos sobre o átomo ser divisível, é porque a ciência foi descobrindo essas partículas nele. A primeira a ser descoberta foi o elétron, ele fica ao redor do núcleo do átomo, mas depois descobriram diversas outras. Um átomo é constituído por um monte dessas partezinhas; no entanto, após a ligeira formação das partículas elementares, foram necessários bilhões de anos para se obter um átomo completo.

-Humn, muito tempo, hein...

-Mais do que você imagina! Que tal viajar mais um pouquinho por esses “bilhões de anos”, hein? Sabe aqueles jogos de tabuleiro, tipo banco imobiliário... Podemos percorrer esse Tabuleiro da Existência de maneira similar, só que nosso Tabuleiro é beeeem grande, então passaremos por bilhões de casas como se fossem bilhões de anos, e isso tudo em jogadas relativamente rápidas. O Big Bang foi o “marco zero”, ainda temos muito caminho pela frente. E aí, tá pronta pra avançar mais “algumas” casas?

-Nossa, eu queria um brilhaquinho, veio um avalanche de luz... Tô pronta sim, tudo que mais quero é encontrar as estrelas logo. Avante!

-Show, e lá vamos nós então: passado o marco zero, estamos avançando muuuitas casas! Preste muita atenção a cada passo, pois isso tudo equivale a apenas alguns minutos de caminhada no Tabuleiro.

-Acho que já tem algo diferente aqui: o ambiente não está tão quente como antes, parece que a sopa está esfriando um pouco...

-Boa percepção, Neutrino! A temperatura está caindo porque você saiu da casa “Big Bang”, que é o nosso “marco zero” e já está passando mais e mais casas do Tabuleiro. Depois disso tudo, a sopa cósmica realmente tá ficando cada vez menos quentinha...

-Humn, mas por quê?

-É que, à medida que as partículas subatômicas (quarks, elétrons, neutrinos etc.) se moviam depois do Big Bang, o faziam em alta velocidade, elas estavam muuuuito rápidas mesmo, tipo quando estouram aqueles balões de aniversário cheio de balas que se espalham pelo ambiente, sabe... Só que, no nosso caso, vale como exemplo também o famoso “espalha bolinho” pra galera se acalmar, rs: tava tudo tão quente lá que, à medida que essas partículas iam se espalhando, o universo ia se expandindo e se esfriando...

-Mas... Se elas estavam se movendo tão rápido assim “pra fora”, como essas partículas foram se juntando depois pra formar meus átomos?

-É que o “espalha bolinho” tava dando certo, rs: a queda na temperatura fazia essas partículas se acalmarem, elas iam ficando menos agitadas, mais “sossegadas”... Quanto mais “de boa”, mais as partículas iam se unindo depois... Vamos ver o resultado dessas junções daqui a pouquinho... Quarks formam prótons e nêutrons; estes, por sua vez, fazem parte do núcleo dos átomos...

-Isso tá tipo uma bola de neve, rs.

-Tá mesmo, um monte de partículas se unindo pelo caminho... E preste bastante atenção nessa caminhada, ela é sua também, não perca os detalhes: neste momento, estamos perto de

um conjunto de casas chamado “Nucleossíntese primordial”, o qual se refere ao período em que se formaram os elementos químicos mais leves.

-Então é agora que vamos ver os primeiros elementos químicos do universo?

-Estamos na direção certa para vê-los surgir daqui a pouquinho... A sopa cósmica tá ficando cada vez mais fria (abaixo de dez milhões de graus Celsius), permitindo uma maior estabilidade para que as primeiras partículas pesadas (prótons e nêutrons) se juntem para formar os núcleos de átomos leves...

-Acho que já tô vendo! Olha lá, os detalhes compõem a paisagem...

-E que paisagem! Finalmente estamos na “Nucleossíntese primordial!” Os prótons e os nêutrons estão formando os núcleos dos átomos leves, constituindo assim os elementos químicos mais simples do universo: hidrogênio e hélio, tá, e um pouquinho de lítio também pra ele não ficar deprimido, rs.

-Simples assim! Quer dizer, simples, mas não tão simples, não é verdade?

-É, desde o Big Bang, tudo cooperou pra que os átomos que compõem esses elementos fossem formados por completo. Vale lembrar que, depois do marco zero, já avançamos “bilhões de casas” no Tabuleiro para chegar nessa formação dos primeiros átomos.

-Humn, então foi assim que os átomos de hidrogênio e de hélio se formaram... Tudo a partir do Big Bang: Pelo que entendi, o ambiente foi ficando menos quente e, assim, as partezinhas menores foram se juntando para formar o átomo, certo?

-Certíssimo! Aaah, e os átomos estão contando com uma grande ajuda para ficarem estáveis, ou seja, para que cada partícula que se uniu continue no lugar certo e, assim, o átomo não “desmonte”... Essa ajuda tem nome e sobrenome, rs: interações fundamentais da natureza!

-Uia, é muita cooperação envolvida mesmo! Beleza, tô acompanhando o raciocínio; porém...

-Já sei, vai falar que existem mais elementos químicos, não é mesmo?

-É, meu livro de Ciências tem uma tabela periódica beem grande, cheia desses elementos; ou seja, eu tô ligada que a tabela não apresenta apenas o hidrogênio e o hélio, eu vi que tem cento e dezoito elementos químicos lá! Além disso, sei que tem oxigênio na minha respiração, cálcio nos meus ossos; ou seja, tem muito elemento químico formando o meu corpo...

-Tá sabendo legal, hein... É isso mesmo!

-Então eis a questão: Como os átomos dos demais elementos químicos se formaram? Foi da mesma maneira que os átomos de hidrogênio e de hélio? Aonde as estrelas entram

nisso tudo? Já andamos por bilhões de casas, mas, até agora, não vi nenhuma estrelinha se quer... Falta muito para encontrá-las?

-Ora, ora, questões profundas merecem um bom mergulho! A construção do conhecimento sobre o surgimento da matéria apresentada pela tabela periódica é uma busca pelo princípio, é como perguntar: Como surgiu o mundo ao redor? De onde vieram os elementos químicos presentes na natureza? De onde veio esse material atômico que constitui o corpo humano? De onde você veio, Neutrino?

-Essas perguntas me fizeram lembrar daquela parte da nossa conversa em que falamos sobre os átomos do meu corpo percorrerem um longo caminho. Naquele momento, você me disse que mudar a realidade do meu corpo implicaria, até mesmo, numa mudança da minha constituição atômica; e eu tô entendendo melhor isso à medida que avanço nesse tal Tabuleiro da Existência. Realmente é uma trajetória em busca do entendimento sobre o princípio, sobre o início dos átomos que formam o mundo, a natureza e, claro, formam o meu próprio corpo... Incrível isso tudo, não é mesmo?

-Sim, e incrível também é esse sorriso no seu rosto ao falar sobre sua estrutura! Neutrino, você tá percebendo seus detalhes, e isso é precioso demais!

-É que tudo tá fazendo cada vez mais sentido: aqueles átomos que eu tava vendo no espelho do meu guarda-roupa, posso dizer que aquilo era simplesmente o meu reflexo em pedacinhos, minha estrutura atômica... Saber de onde vieram os elementos químicos, como surgiu cada partezinha, isso é saber sobre mim! E, como já andei por bilhões de casas pra compreender o possível começo, acho que tô no caminho certo para o que eu tanto queria: a possibilidade de recomeçar a minha história.

-Você e essa sua profundidade nas palavras... Realmente há uma intrínseca relação entre a evolução química do universo e o ser humano; a matéria e a vida; o céu e a Terra, histórias que se misturam. Pois bem, continuando a ciência que estamos investigando, já vimos que houve a formação das partículas subatômicas a partir do Big Bang... Depois disso, vimos que essas partículas se uniram enquanto o universo ia expandindo e resfriando, dando origem a átomos leves e simples como o hidrogênio e o hélio.

-Hidrogênio e hélio, simples e importantes... Tem hidrogênio na água, hélio no sol...

-Isso mesmo! Além de serem os primeiros a surgirem, esses elementos são os que constituem a maior parte da massa conhecida do universo, a matéria bariônica...

-Bariônica... É cada nome, rs!

-Aah, achei bonitinho, rs. Bariônica é a matéria que tem aqueles quarks que a gente viu lá atrás... Lembra que eles formam trios chamados de bárions?

-Ah, é verdade... Os trios bárions que você falou...

-Pois é, daí vem o nome matéria “bariônica”! Se liga só, acompanha o raciocínio: Os quarks estão sempre trabalhando em trio (bárions), certo?

-Certo, trabalho em equipe!

-Tipo, prótons e nêutrons são bárions porque são constituídos de três quarks... E, como você já sabe, prótons e nêutrons estão no núcleo dos átomos, correto?

-Correto.

-Logo, os átomos tem bárions... Concorda?

-Com certeza!

-Então, tudo que é feito de átomo faz parte da matéria bariônica... A Terra, os outros planetas, o sol, as estrelas, a lua... Tudo isso, inclusive você! E, como eu tava te falando, o hidrogênio e o hélio são os elementos mais abundantes nessa matéria toda do universo... Só que, ao mesmo tempo, eles são os mais simples também... Anota aí no caderninho da vida, rs: a simplicidade não diminui a importância, pelo contrário, o simples pode ser até mais abundante!

-Puxa, isso que eu chamo de lição de casa, rs! Aah, eu tenho mais uma perguntinha... Depois de tanta informação, tantos nomes “bonitos”, deixa só eu ver se tô pensando certo mesmo: No caso, os elementos químicos representam os átomos, né? É que às vezes a gente fala “átomos” e, outras, “elementos”, quero ter isso bem claro na minha cabeça...

-Boa observação! Vamos pensar juntos... Cada elemento químico representa um conjunto de átomos com mesmo número atômico...

-Humn, mesmo número atômico...

-Átomos com mesmo número atômico são átomos com uma mesma quantidade de prótons...

-Aah, sim, acabamos de falar sobre os prótons, são as partículas que estão dentro do núcleo do átomo... Então, deixa eu ver se entendi: os átomos que tem a mesma quantidade de prótons dentro do núcleo são representados por um tipo de elemento químico, certo?

-Exato! Por exemplo: átomos de hidrogênio tem apenas um próton dentro do núcleo; átomos de hélio tem dois prótons; átomos de lítio tem três prótons, e assim por diante... Podemos dizer então que cada tipo de átomo tem uma quantidade específica de prótons, ou seja, cada tipo de átomo tem um número atômico próprio que o caracteriza. Entendido até aí?

-Sim, super entendido!

-Beleza, agora pensa no que seria um elemento químico... O elemento químico hidrogênio representa um monte desses átomos de um próton só, ou seja, representa um

conjunto de átomos de hidrogênio; o elemento químico hélio, por sua vez, representa um conjunto de átomos de hélio... Resumindo, cada elemento químico representa um conjunto de átomos com a mesma quantidade de prótons (mesmo número atômico)...

-Humn, entendido com sucesso, meu amigo!

-Ah, que bom! Então vamos prosseguindo na caminhada... Como você mesma falou, existem muitos outros elementos químicos na tabela; aliás, no universo, pois, falando em “representar”, a tabela periódica representa todos os elementos químicos já encontrados no universo... Observações feitas, voltemos à profundidade das suas questões pra gente avançar mais ainda nesse Tabuleiro: “Como os átomos dos demais elementos se formaram? [...] Aonde as estrelas entram nisso tudo? Falta muito para encontrá-las?” Tchan, tchan, tchan, tchan...

-Se isso foi pra dar suspense...

-Tá, não colou, mas seu coração tá buscando as estrelas há tempo, então vamuu nessa!

CAPÍTULO 3- NASCE UMA ESTRELA

-Você avançou muuuuuitas casas no Tabuleiro da Existência, o equivalente a bilhões de anos até ver a formação do hidrogênio e do hélio na “Nucleossíntese primordial”. Agora, quanto aos elementos mais pesados, como é o caso do carbono, do oxigênio, do ferro...

-Vieram das estrelas, você falou... Pelo o que conversamos, os demais átomos que compõem o meu corpo vieram dessas belezinhas, só não sei como isso aconteceu, não sei se foi do mesmo jeito que vi lá na nucleossíntese primordial... Bom, o que sei é que quero encontrar as estrelas logo pra pedir pra elas refazerem meus pedacinhos, minha estrutura atômica... Puxa, espero muito conseguir trocar os elementos químicos que formam meu corpo, tirar os de agora e colocar novos no lugar. Falta muito pra encontrar as estrelas?

-Humn, se falta muito? Como você sabe, o tipo de estrela que deu origem a maior parte dos elementos químicos que compõem o universo e seu próprio corpo é a tal supernova... Contudo, as estrelas que queremos encontrar são supernovas recentes, pois são as que tem um material “zerado” pra lançar na Terra...

-É, tomara que a gente encontre essas estrelas logo... Quero tudo novo!

-Eu sei, mas, como te falei, o processo de formação dos elementos químicos das supernovas recentes conta uma história que ecoa até hoje nos seres humanos, e isso faz parte da sua vida também, Neutrino... Seja paciente, existem outras estrelas pelo caminho que também contribuíram bastante para a sua existência... Só mais alguns bilhões de casas e, já já, encontraremos uma estrela de primeira geração.

-Tô contando os dias... Ou melhor, com os bilhões de anos representados nessas casas, acho que já até perdi as contas!

-Haha, esse Tabuleiro da Existência é bem grande mesmo, mas não desanima não, vamuu lá! Nesse momento, estamos avançando bilhões de casas...

-Ei, é impressão minha ou o ambiente está ficando cada vez mais frio?

-É que estamos passando por casas extremamente frias, a temperatura nessa região é da ordem de dez a vinte Kelvin, bem próximas do zero absoluto! Essa baixa temperatura favorece a aglomeração de matéria a densidades mais altas, formando nuvens bem densas pelo espaço.

-Parece até poeira! Agora que eu reparei que tem um monte de coisa aglomerada mesmo, as partículas tão se juntando... E, se tô vendo bem, acho que são os átomos de hidrogênio que vi lá atrás, os que surgiram na “Nucleossíntese primordial”... Tão formando tipo uma nuvem, algo assim.

-Exato! Esses átomos estavam dispersos, mas com o favorecimento da baixa temperatura, a ação da gravidade está fazendo eles se aglomerarem... E é daqui que vai nascer uma estrela... Vamos avançar ainda mais casas nesse Tabuleiro pra ver o nascimento de uma estrela de primeira geração.

-Humn, então as estrelas nascem... Interessante! Tá, vamos ver o nascimento dessa tal de primeira geração então; ainda não vai ser a estrela que tô procurando, a supernova, mas já é alguma coisa.

-Você vai gostar, é uma admirável dança de luz, e de graça, rs... Luz para os olhos de quem, um dia, de cabeça baixa, só enxergava um chão frio... Luz que revela não apenas como as estrelas nascem, mas como vivem, sejam aquelas observadas da janela do seu quarto ou, até mesmo, uma espetacular supernova. Portanto, avante para a luuuz!

-Olha lá, olha lá, aquele aglomerado de “poeira” cresceu, não é mesmo? A nuvem tá enooorme!

-Uauu, e como!

-É que, à medida que a “poeira” foi se acumulando, formou uma nuvem de matéria muito grande, cujo interior foi ficando cada vez mais denso e quente, muuuuito quente! Agora temos que ficar atentos pra ver a estrela se formar ali dentro...

-Então vai nascer uma estrela nessa nuvem?

-Sim! Na verdade, essa nuvem de “poeira” contendo átomos de hidrogênio e hélio se tornará uma estrela de primeira geração! Isso vai acontecer quando a temperatura e a pressão no interior dessa nuvem forem suficientemente grandes para ocorrer a nucleossíntese estelar. E, pelo que avançamos do Tabuleiro, já já vai ter a nucleossíntese...

-Mais uma nucleossíntese?

-Sim, só que agora é estelar, pois vai ocorrer dentro da estrela! Olha lá, olha lá! A nucleossíntese estelar tá quase acontecendo, prepare-se para ver a fusão nuclear: A temperatura tá ficando tão alta dentro da nuvem que os núcleos atômicos do hidrogênio vão começar a se unir e, com isso, formarão um novo elemento químico, mais pesado. Essa união de átomos vai liberar muita energia, muita mesmo! Estamos longe, mas conseguiremos ver, é só a gente ficar atento, a qualquer momento a estrela de primeira geração pode nasc...

Bum!!!

-A estrela nasceu, Neutrino! Nasceu... Olha lá que linda, quanta luuuuz!!!

-Uauuuuuuuuu!!! Que lindoooo!!!

-Lindo mesmo! Você acabou de ver o nascimento de uma estrela de primeira geração! A fusão dos núcleos de hidrogênio formam átomos de hélio, que é mais pesado. Essa fusão

continuará acontecendo enquanto a temperatura e a pressão se mantiverem altas o suficiente, formando elementos químicos mais pesados, ou seja, surgem então novos elementos. Este processo de fusão nuclear, que liberta quantidades enormes de energia, marca o início da vida da estrela e a sua emissão de luz. Só que vamos passar por esse nascimento bem rapidinho e de longe, pois ainda temos muitas casas pra avançar.

-Puxa, eu vi uma estrela nascendo! Eu vi! Tô até agora encantada com tanta luz gerada a partir de partículas tão pequenininhas...

-Siiim, os núcleos dos átomos são beeeem pequenos, mas geram quantidades incríveis de energia! Podemos dizer que você viu um lindo e energético nascimento! E isso é “só” o começo, pois essa estrela ainda tem tanta vida pela frente...

-Vida?

-É, o que você viu foi apenas o nascimento, ou seja, foi o momento em que as fusões de núcleos começaram a acontecer...

-E que nascimento! A estrela estreia!

-E a gente aplaude de pé! Depois de estrear, ops, nascer, ela precisa de energia pra continuar vivendo...

-E de onde vem essa energia?

-Ishii, o interior da estrela tá gerando muuuuuita energia com esse processo de fusão nuclear! Então a energia que a estrela precisa pra viver continua vindo das fusões que acontecem dentro dela mesmo. Pense nessas fusões nucleares como sendo o “combustível” que faz o “coração da estrela” funcionar; portanto, enquanto esse “coração” bater, a estrela continuará vivendo.

-E a estrela vai ficar queimando os núcleos dentro dela assim pra sempre?

-Não digo que essas reações vão ocorrer pra sempre, mas estamos falando de acontecimentos em proporções tão grandiosas que, nas estrelas com massas próximas à do sol, essa fase de queima pode durar bilhões de anos!

-Bilhões de anos juntando os núcleos! Isso que é vontade de viver...

-Isso é! Bom, de fato, a duração dessas fusões depende da massa da estrela: as que tem massas muito maiores que a do sol acabam consumindo esse combustível nuclear mais rapidamente do que as de menor massa.

-Então quanto mais pesada for a estrela, mais rápido o combustível dela acaba?

-Exatamente! De qualquer forma, depois que nascem, as estrelas vivem muuuuito tempo queimando esse combustível.

-Aah, novidade, praticamente tudo aqui nessa missão dura mó tempão, rs... Mas é muito bom saber disso, vida longa às estrelas! Aliás, por falar em idade, ainda bem que podemos avançar todas essas casas porque se não demoraria muuuuuito mais que uma vida, meus quatorze anos agradecem, rs.

-Sim, avançar é necessário, mas nunca deixe de ver a beleza de cada etapa, o caminho diz tanta coisa sobre a chegada, sabe... No próprio sol, por exemplo, essa queima nuclear está ocorrendo há cerca de quatro bilhões de anos, sendo responsável pela luminosidade solar que vem te dar “bom dia” todas as manhãs, todas e cada uma. Bom, mas voltando ao nosso Tabuleiro... Agora que você já viu uma linda estrela nascer e apreciou a dança de suas luzes, avante! E lá vamos nós por mais bilhões de casas...

-Partiu!

-Partiu! Enquanto caminhamos por mais essa etapa, vamos recapitular o que acabamos de ver pra compreender melhor o que está por vir, ok?

-Tá, vamu dar um “confere” nessa missão Astroquímica!

-Isso! Bom, na nucleossíntese estelar, vimos que dois núcleos atômicos se unem formando um novo, mais pesado, confere?

-Confere!

-Nesse processo, pequenas quantidades de matéria são convertidas em muuuuuiita energia na forma de radiação eletromagnética (aquele show de luz). Vimos, portanto, o “coração da estrela”, certo?

-Certo, as queimas nucleares “bombando” lá dentro da estrela!

-Exato! Aaah, e uma informação importante é que essa queima nuclear é hidrostática!

-E o que isso significa?

-Significa que o peso das camadas externas é equilibrado pela pressão gerada na queima nuclear das camadas de dentro da estrela.

-Como assim?

-É que ela precisa manter o equilíbrio pra continuar vivendo: a ação da gravidade tende a contrair a estrela, esmagar mesmo... Enquanto a pressão, devido à radiação das fusões, tende a expandi-la.

-Acho que agora eu entendi... No caso, a estrela aguenta a pressão que o combustível dela faz de dentro pra fora e suporta também a ação da gravidade que tenta esmagá-la... Uau, não tem guerra nessa estrela, mas ela é uma lutadora, rs!

-Ô menina esperta, sô!

-Tô prestando atenção nos detalhes da missão, rs.

-Tá mesmo, que orgulho! Etapas recapituladas com sucesso! E olha só que legal: enquanto a gente tava fazendo esse “confere”, avançamos muuuuito no Tabuleiro, mais do que você imagina!

-Se tratando desse Tabuleiro da Existência, acho que já andamos pelos bilhões de casas que você falou que avançaríamos...

-Humn, digamos que mais, muito mais... Bilhões e mais bilhões de casas se passaram...

-Eita! Aonde estamos então?

-Lembra que falamos sobre a fase de queima nuclear poder durar bilhões de anos?

-Sim, enquanto houver núcleos atômicos se juntando, a estrela vai vivendo dessa queima nuclear...

-Isso! Sabemos que esse combustível não é suficiente pra sustentar a estrela pra sempre e, como já avançamos bastante na missão...

-Vai dizer que o combustível da estrela tá acabando?

-Não.

-Ufaa!

-Na verdade, ele não acaba por completo, mas fica tão pouquinho que não é suficiente pra manter o coração da estrela “batendo”... Sendo assim, podemos considerar que... Sim, o combustível já acabou!

-Acabou? Puxa, tava tudo tão lindo, aquelas luzes... Mas, espera, tô pensando aqui... O que aconteceu com a estrela depois que as fusões nucleares pararam de ocorrer dentro dela?

-Pois é, o combustível praticamente acabou, a queima nuclear cessou... Foi necessário! O que aconteceu com a estrela depois disso? Repito: foi necessário! O que convém dizer agora é... Fique tranquila, estamos chegando ao fim dessa etapa da missão, mas o caminho ainda tem muito a revelar...

CAPÍTULO 4- QUÍMICA DO BEM

-Olha lá, quantas nuvens grandes... Isso te lembra alguma coisa?

-Nossa, claro que lembra! São nuvens beem parecidas com aquelas que vimos um pouco antes da estrela de primeira geração nascer, nuvens com poeira cósmica!

-Sim, poeira e gás! Nuvens cheias de átomos... Só que os átomos das nuvens que formaram a estrela de primeira geração vieram da nucleossíntese primordial... Já os átomos dessas novas nuvens, por sua vez, vieram da estrela de primeira geração, segunda geração... Por fim, gerações que não acompanhamos, pois avançamos muitas casas no Tabuleiro sem parar pra ver a formação de outras estrelas com elementos mais pesados.

-Huumn, então já se passaram gerações de estrelas... Puxa, dá pra ver que essa nuvem tem átomos diferentes dos que eu tinha visto antes mesmo.

-Sim! São nebulosas, nuvens formadas por poeira cósmica e gases ionizados a partir de estrelas passadas que pararam de ter a fusão nuclear no seu interior.

-Aah, esses novos átomos vieram de muitas outras estrelas que ficaram sem combustível...

-Sim, por isso te falei que foi necessário a queima nuclear parar de ocorrer dentro daquela estrela de primeira geração... Porque isso fez com que os novos elementos formados dentro dela conseguissem sair pelo espaço para formar outras nuvens... A cada geração de estrela, elementos ainda mais pesados são formados a partir do gás enriquecido pelas nucleossínteses das gerações anteriores...

-Humn, então a cada geração de estrelas, diferentes elementos químicos são formados, cada vez mais pesados...

-Exatamente! E esse fenômeno tem nome, se chama Evolução Química! Nesse processo, o sol, por exemplo, é considerado uma estrela de terceira geração e, graças a isso, a composição química do sistema solar é rica o suficiente para contribuir com a formação da vida como você a conhece.

-Uia, o Sol é uma estrela? Nem sabia...

-É sim, uma linda estrela! E, como tal, é claro que tem elementos químicos bombando lá dentro: muuuuuito hidrogênio, muito hélio, um pouco de carbono, nitrogênio e oxigênio, umas pitadinhas de outros elementos mais leves e tem até um pouquinho de ferro e níquel também!

-Nossa, quantos elementos químicos diferentes que o sol tem, hein! Ele deve ser grandão, neh?

-Muito! Lá da sua rua, parece pequeno porque tá longe da Terra... Mas, pra você ter uma ideia, caberiam aproximadamente um milhão e trezentos mil Terras dentro do sol!

-Uauuuuuu!!!

-Mas, ainda assim, se comparado a outras estrelas, o sol é relativamente pequeno... Existem estrelas muuuuuuuito maiores, a supernova que vamos encontrar é uma dessas gigantes do universo!

-Nossa, acho que vai ser emocionante quando, finalmente, eu ver essa tal supernova... Mas, e o sol, vamos encontrar ele aqui na Missão também?

-Humn, de acordo com a rota que tenho em mente, não...

-Ah, que pena... Como tem tanta coisa do passado nesse Tabuleiro, achei que a gente podia ver o Solzão se formando também...

-Poder, a gente até poderia... Até porque, enquanto estamos andando numa parte do Tabuleiro, existem muuuuuuuitas outras estrelas se formando pelo universo... Contudo, a gente não vai passar por ele mesmo não, pois vamos continuar pelo caminho que leva a essa supernova que você tá buscando...

-Ah, sim, melhor continuar nessa direção então! Deixa pra aplaudir o sol na praia mesmo, rs.

-A vida agradece! As pessoas, muitas vezes, não prestam atenção na grandiosidade do simples...

-Se tratando do sol, esse é grande mesmo, rs!

-E repleto de história, pois essa estrela linda já vive há cerca de quatro bilhões e meio de anos...

-Uauuu! Experiente assim, a história solar daria trocentos livros...

-Com muitos capítulos, minha amiga! Aliás, não apenas o sol: todo o resto do sistema solar, incluindo o planeta Terra, tem aproximadamente essa idade também!

-Eu, que tenho quatorze anos, tenho história de vida, imagino eles...

-As suas páginas se entrelaçam com essas memórias vivas, minha amiga! E, nesse perene romance, cada linha de raio solar continua sendo escrita para o bom funcionamento da vida: o sol aquece a Terra, fornece energia às plantas, controla a temperatura do corpo humano... Todos os seres vivos que existem no mundo precisam direta ou indiretamente do sol.

-Puxa, a vida da estrela é tão importante... Tô lembrando aqui de você falando pra eu olhar pra cima... As estrelas realmente merecem meu olhar, aliás, que privilégio poder contemplar as maravilhas do céu...

-Pois é, sejam mais antigas ou mais novas, as estrelas carregam uma boa história de vida... Histórias que se misturam com a sua... Afinal, para que haja vida, tal como você a conhece, é preciso haver reações químicas bem complexas... E, pra essas reações acontecerem, obviamente, precisam dos elementos químicos!

-Elementos químicos, pedacinhos que vieram das estrelas pra me fazer bem...

-Muito bem! E é necessário que esses elementos existam em quantidade suficiente para formar tanto os planetas, quanto os organismos vivos; ou seja, é preciso que já tenham ocorrido algumas gerações estelares pra você existir. Falando em gerações, sabia que a composição química da estrela pode ser considerada até mesmo como um indicador da idade dessa estrela? Afinal, de maneira geral, como já deu pra perceber, quanto mais gerações de estrelas vão passando, maior a possibilidade da gente encontrar elementos químicos pesados nelas.

-Humn, entendi... E, com essa riqueza toda de elementos na Evolução Química, acho que as gerações de estrelas são tipo gente do bem, gente disposta a ajudar, rolou uma química do bem no universo...

-Gente do bem? Química do bem?

-É, as estrelas que nascem antes vão contribuindo para as outras gerações formarem elementos químicos diferentes, cada vez mais pesados, e de grande importância pra formar a Terra, meu corpo, as plantas... Tudo “gente boa” numa química do bem, rs.

-Ora, ora, bela comparação, essa menina é pura poesia mesmo, rs.

-Tô aprendendo com o grande poeta! Mas, espera, uma questão que me veio à cabeça agora: como os átomos saíram de dentro da estrela de primeira e de outras gerações e vieram parar aqui nessas nuvens?

-Essa pergunta tem tudo a ver com aquele seu questionamento: “O que aconteceu com a estrela depois que as fusões nucleares pararam de ocorrer?” Os átomos saíram de dentro da estrela de primeira e demais gerações da mesma maneira que saem de dentro de uma supernova...

-Mas se eu não conheço nenhuma supernova ainda, como vou saber essas respostas? Aliás, a “estrela principal” que eu tô viajando pra encontrar é uma supernova, então preciso encontrar alguma logo...

-Realmente, você precisa conhecer esse tipo de estrela de perto... Porém, como te disse, passamos tão rápido pelo Tabuleiro que não foi possível ver as gerações que vieram depois da estrela de primeira geração... Não vimos, inclusive, o nascimento delas, as grandes e ilustres

supernovas, as estrelas que deram origem a maior parte dos elementos químicos que compõem o universo e seu próprio corpo...

“O queeee? As supernovas já ficaram lá atrás e eu nem vi? Como você me joga um balde de água fria desse? Quer dizer que perdi a chance de encontrar as grandes estrelas que poderiam me ajudar? Eu não tô nem acreditando nisso...”, disse Neutrina ainda em estado de choque ao pensar que sua missão Astroquímica, frustradamente, acabava ali.

-Calma! Lembra do que te dá esperança! Essa missão começou porque você queria encontrar as estrelas novas, estrelas que tenham elementos “zerados”, pra pedir pra elas trocarem cada partezinha do seu corpo por elementos iguais a esses que já fazem parte da sua estrutura, só que novos... Lembra disso?

-Sim, eu queria elementos químicos novinhos em folha... Novos átomos de carbono, novos átomos de nitrogênio, novos átomos de cálcio... Tudo novo!

-Então, por isso deixei pra te explicar o restante do processo nesse momento, pois tudo o que vimos até agora foi o passado: na memória, estrelas que já lançaram seus elementos químicos na Terra pra que o “pó” do seu corpo fosse formado... A poeira estelar que compõe a sua estrutura atômica veio de supernovas que, com excelência, cumpriram seu incrível papel no passado. Agora, porém, como você quer tudo novo na sua estrutura, vamos acompanhar o ciclo de vida de uma estrela supernova realmente nova, com elementos químicos do mesmo tipo dos que você já tem, mas que ainda serão lançados na Terra.

-Espera, então isso significa que...

-Sim, significa! Você tá cada vez mais perto de encontrar a estrela que tanto procura, Neutrina!

-Uauuu! Vou encontrar uma supernova nova, vou encontrar...

-Você tá chorando? Ô, minha amiga... Assim eu choro junto...

-É que vou encontrar a grande estrela, a que tem um material novinho em folha pra refazer meus pedacinhos...

-Venha, me dê sua mão, vamos entrar numa dessas nebulosas pra ver mais de perto...

-Da outra vez, eu vi a nuvem de longe... Vamos entrar mesmo?

-Coragem, continuo aqui com você!

-Eu sei, eu sinto e, mesmo quando não sinto, eu sei... Então simhora, amigo!

-Show, no “já”, a gente pula, hein... Um, dois, três e... jáaaaaaa!

CAPÍTULO 5- BEM NO INTERIOR

-Uauuu, que salto, não vi nada, fechei os olhos e tiburum! Aliás, nem tô vendo muito bem ainda, tá tão turvo aqui dentro da nebulosa...

-Ou seja: bem-vinda ao “Berçário de estrelas”...

-Berçário? Tipo nascimento mesmo?

-Isso! Berçário porque a estrela vai nascer dessa “poeira” que tá fazendo a nebulosa parecer “turva” pra você... Assim como vimos lá na estrela de primeira geração, esse nascimento é um processo bem lento, pode levar bilhões de anos; mas começa assim mesmo: a partir da aglomeração de matéria dispersa pelo espaço...

-Humn, então o que eu tô vendo aqui dentro da nebulosa é essa tal poeira cósmica que tá se juntando...

-Exato! Essa poeira que compõe a nebulosa vai se unindo pela ação da gravidade... Todas juntinhas por um bem maior: o nascimento de estrelas!

“Puxa, a grande estrela vai nascer aqui nessa nuvem...” Disse Neutrina, bem baixinho e com profunda admiração, ao pensar que, finalmente, seus olhos veriam a formação do tipo de estrela que deu origem a tantos elementos químicos presentes no universo.

-Realmente, é de se admirar, minha amiga: A união desses pequenos materiais pode dar origem à formação de uma estrela grandiosa! Depois de tudo bem juntinho, quando a densidade da nuvem atinge um valor limite, finalmente, a estrela se forma...

-Puxa, até a poeira ensina alguma coisa nesse Tabuleiro... Acho que vou anotar mais essa no caderninho da vida, rs... União!

- Pois é, já parou pra pensar na importância que a união tem na vida das pessoas? Pode anotar e compartilhar, pois você não está só...

Numa mistura de pensamentos, esperança e desesperança, mais uma vez, o silêncio prevalecera por alguns minutos. A menina, então, coloca suas mãos no próprio rosto, olha, lentamente, para o lado e diz: “Gratidão por cada pedacinho da grande estrela!”

-“Grande estrela...” Interessante essa expressão que você tem utilizado, Neutrina... Gostei, pois esse tipo de estrela é realmente muuuuuuito grande, tanto pela sua importância, como pela sua massa... Essa que vai nascer tem um pouco mais do que nove massas solares, ô estrela massiva!

-Uia, mais do que nove vezes a massa do sol! Grandiosidade, muita massa e, também, grande paciência, pois sei bem da espera pra uma estrela nascer, rs... É que já tive a oportunidade de ver um nascimento, não é mesmo? Então sei que é a fusão nuclear que marca

o início da vida estelar e sua emissão de luz... Ishii, mas como demora até a “poeira” ficar bem juntinha e quente a ponto dos núcleos começarem a fundir dentro da nuvem, eê...

-É, demora bastante mesmo...

-Ou seja, ainda temos mais bilhões de casas pra avançar nesse Tabuleiro da Existência, certo? Então, vamos nessa?

-Ai ai, como é bom ver seu crescimento, Neutrina... É, só me resta dizer que sim, ainda vamos avançar mais alguns bilhões de casas dentro dessa nuvem... E lá vamos nós!

Como de costume, em apenas poucos minutos, foram avançados mais alguns bilhões de casas no Tabuleiro da Existência. Muito atenta, Neutrina percebe novamente a elevação da temperatura no ambiente...

-Ishii, já tô me sentindo no deserto de novo: caminhando pelos “bilhões de anos”, tá ficando tão quente aqui dentro que parece até que tudo vai derreter...

-Mais uma vez, ótima percepção! Como você já sabe, o interior da estrela é muito energético, ou seja, muuuuuito quente! Então, se temperatura está se elevando, isso é sinal de que estamos cada vez mais perto de ver a formação da tão esperada grande estrela!

-Puxa, então falta pouco mesmo, já já vou conhecer a supernova!

-Supernova? Vamos continuar com o termo “grande estrela”, você saberá quando ela se tornar uma supernova...

“Humn, então a grande estrela se torna uma supernova... Tá, o importante é que estamos no caminho...”, disse Neutrina com um olhar de aguardo. Esperançosa, ali estava a menina sorrindo novamente... Quando, de repente...

-O que é isso? O que é isso? Tá ficando apertado aqui dentro... Alguma coisa tá esmagando essa nuvem... Socorrooooo!

Assim ecoava a emergente voz de Neutrina. Com um abraço fraterno, eu lhe disse:

-Calma, respira fundo! Tá tudo bem agora. Você se assustou com o cenário de gravidade, mas continuo aqui contigo. Vou te explicar o que aconteceu: a parte de dentro da nuvem estava tão densa que começou a se contrair por ação da gravidade, e você acabou sentindo um pouco desse “aperto”. Isso também aconteceu com aquela estrela de primeira geração, mas você tinha visto uma nuvem dessas só de longe, agora, porém, você está dentro da nuvem... Coragem, vamos manter seus passos firmes...

-Nossa, que gravidade forte, hein! E com esse aperto, parece que a temperatura tá ainda maior!

-E tá mesmo! A temperatura atingiu valores altíssimos! A contração provocou um aumento tão significativo de matéria no centro da nuvem, que a temperatura aqui dentro aumentou ainda mais: está na ordem dos dez milhões de graus Celsius!

-Uauuu, isso tudo! Uma vez, o médico disse que eu tava com 40 de febre e eu fiquei mega assustada!

-Pois é, a temperatura corporal normal é um pouquinho abaixo de 37 graus Celsius, então 40 de febre foi um jeitinho do seu corpo avisar que alguma coisa não tava legal. É necessário cuidar da saúde!

-Ainda bem que eu cuidei, e fui cuidada.

-Foi sim... E, por falar em cuidado, fique tranquila, pois você está protegida nesse Tabuleiro... A temperatura seria absurdamente insuportável pra qualquer ser humano, mas você pode muito mais do que imagina na missão Astroquímica!

-Humn, tô podendo, hein... Mas, falando serinho, que bom que dá pra encarar isso tudo na missão, porque, oh, tá é quente, hein...

-Tá mesmo! Porém, nessa parte do Tabuleiro, essa temperatura altíssima é um ótimo sinal! Estamos sempre falando sobre o coração da estrela ser extremamente quente, não é mesmo?

-Sim, aliás, desde o início da nossa conversa... Tô lembrando aqui que você até disse pra eu pensar no céu como um teto quentinho...

-Verdade! Depois disso, avançamos tanto no Tabuleiro da Existência... Pois bem, acabamos de chegar numa outra “Nucleossíntese estelar”... Já estivemos num desses conjuntos de casas antes, lá no nascimento da estrela de primeira geração. O processo é o mesmo, mas agora veremos novos núcleos se fundirem e, conseqüentemente, novos átomos serão formados, átomos ainda mais pesadinhos que, por sua vez, formam elementos químicos mais massivos.

-Aah, a nucleossíntese estelar... Lembrando aqui daquele incrível show de luzes! Que bom que vou ver outro espetáculo! Por falar em luz, queria te agradecer, sei lá, você tem clareado meus pensamentos... É tão bom ter você aqui comigo, eu não suportaria tantos “buns” sozinha, aliás, acho que eu não teria nem iniciado a missão...

-Big Bang, nuvens de poeira e gás, queima nuclear, gravidade, união, simplicidade, paciência, esperança... É, Neutrino, a missão tem sido difícil, passamos por tanta coisa juntos, mas finalmente seus olhos verão... É exatamente aqui e agora que nasce a grande estr...

Buum!

-Luuuuz!!! A grande estrela nasceu, Neutrino!

-Nasceuuu! E que nascimento espetacular!

Coragem, esperança, dependência e um sentimento muito diferente, tão sublime que não daria pra descrever, nem mesmo em suas lindas poesias... Entre tantos balanços, ali estava a menina descansando seu coração naquela luz arrebatadora, e assim permanecera por longos minutos. Então, calmamente, eu lhe disse:

-Neutrina, estamos bem no interior da grande estrela, mas é necessário caminhar mais um pouco em direção ao coração estelar...

-Humn, ir ainda mais pra dentro da estrela?

-Sim... É que o coração dela vai ser formado depois de várias camadas, veremos isso à medida que a gente for caminhando...

-Tá, caminhar mais, tudo bem... Mas... Camadas? Como assim?

-Tipo camadas de uma cebola... No caso da estrela, veremos que essas camadas vão se organizando assim oh: à medida que o hidrogênio e o hélio vão se fundindo, vão formando novos elementos mais massivos que eles... No entanto, para que esses elementos consigam formar outros ainda mais pesadinhos, é necessário que as temperaturas e as pressões sejam ainda maiores... Pra você entender melhor, voltando a pensar na cebola, imagina só: você caminhando em cima dela, na superfície...

-Eu andando em cima da cebola?

-Isso, do ladinho de fora dela.

-Tá, já me sinto no rolê da cebola...

-Tem alguma coisa te apertando aí em cima da cebola?

-Não, tô de boa.

-Então tá bom... Agora, feche os olhos e, plim, se imagine dentro dessa cebola, lá no meio mesmo...

-Tá, plimn... Aqui estou acebolada...

-Então me diz uma coisa, senhorita temperada: Qual lugar te tirou mais da sua zona de conforto? Do lado de fora ou do lado de dentro da cebola?

-Humn... Acho que do lado de fora tava mais tranquilo... Porque aqui no meio da cebola, além de apertado, tá abafado, tá mais quente...

-Exatamente! Plim, pode abrir os olhos! Podemos dizer que, quanto mais pra dentro dessa cebola que você imaginou, maior a pressão e a temperatura! É assim que acontece na estrela também... Só que, no caso, a pressão vem do peso das camadas cheinhas de elementos químicos e também da própria radiação emitida pelas fusões nucleares dentro da estrela... Tá tudo sob pressão, mas em equilíbrio!

-Quem diria... Com tanta coisa deliciosa no mundo da comida, tô aprendendo com uma cebola...

-Mas essa explicação faz sentido pra você, senhorita apreciadora de alimentos?

-Sim, sim, deu pra entender legal mesmo, senhor chefe de cozinha! Nem a cebola, nem a estrela são panelas de pressão, mas lá dentro tá apertadinho e quente...

-Haha, boa!

-Mas isso deve ser bem desconfortável para os elementos químicos, não? Tadinho deles...

-Fique tranquila, pra eles, isso é bom! Tem muita gentileza e empatia aqui... Como eu tava te falando antes, essas condições são favoráveis para que os elementos químicos consigam formar outros ainda mais pesados. Isso acontece porque é muito difícil fundir elementos bem massivos uns contra os outros... O ferro, por exemplo, é encontrado no centro da estrela, bem no coração mesmo, lá as pressões são extremas! Já os elementos mais leves são encontrados nas camadas mais próximas da superfície, onde as temperaturas e pressões são menores, como é o caso do nitrogênio e do carbono.

-Humn, então tem muita coisa dentro dessa cebo; ops, dessa estrela mesmo...

-Haha, exato! Em cada camada, são criados diferentes elementos químicos; ou seja, núcleos com diferentes números atômicos. Quanto maiores as pressões e temperaturas, maior o número atômico; portanto, quanto mais a gente andar pra dentro da estrela, mais elementos massivos encontraremos... Aprender é caminhar! A boa vontade daquela química do bem continua fazendo diferença nessa missão: enquanto estamos conversando, já estão sendo formados muitos elementos químicos lá dentro...

-Ishii, então acho que andaremos muito ainda... Passar por essas camadas vai ser praticamente uma maratona! Que estrela grande!

-Gigante, minha amiga! Tem tanto elemento químico diferente dentro dela que a “grande estrela” já até tem outro nome pra caracterizar essa evolução química toda: vamos chamá-la de estrela gigante vermelha!

-Uia, nome e sobrenome, rs!

-E significa muita coisa: tem a ver com o tamanho e com o tipo de espectro... Em outras palavras, podemos dizer que “gigante” é porque é enorme mesmo... E “vermelha” é porque as estrelas vermelhas são as que tem as camadas de fora mais frias.

-Humn, então a cor da estrela depende da temperatura...

-Sim, mais precisamente, da temperatura superficial dela! Por exemplo, comparando as camadas dessa gigante vermelha, temos que: enquanto é quentíssimo lá dentro, a parte de fora

é relativamente “baixa”, geralmente não passando dos cinco mil Kelvin. Se fosse uma estrela de superfície muito quente, iria ter cor azul, não vermelha.

-Que interessante isso, hein! Mas... Se a temperatura aqui tá “baixa” e eu tô achando quentíssima, imagina quando a gente chegar lá dentro...

-Ishii, um forno mais quente ainda! Lembrando que já estamos dentro da estrela, então o caminho é esse mesmo: chegaremos bem no interior, no centro do coração estelar!

-E falta muito pra chegar lá? E pra essa gigante vermelha se tornar a supernova que eu tanto quero... Quanto tempo falta?

Neutrino me perguntou isso com uma certa ansiedade, pois queria chegar logo no seu objetivo final: encontrar alguma estrela supernova recente e pedir que ela trocasse os elementos químicos do seu corpo por outros novos. Sabendo disso, meu olhar foi ao encontro de seus pés apressados e, então, eu lhe falei:

-Pra você caminhar pelas camadas, elas precisam estar formadas...

Com os ombros um pouco caídos, ela respirou fundo e disse:

-Tá, já sei... Paciência...

-Bom ânimo! O espaço-tempo está curvado ao nosso favor: Lembra que te falei que, enquanto estamos aqui conversando, já estão sendo formados muitos elementos químicos?

-Sim, sim...

-Pois bem, te digo que há muitas camadas formadas lá dentro, minha amiga!

Considerando essa preciosa informação, Neutrino exclamou seus olhos em admiração:

-Que surpresa boaaaaa!

Ao ler o regalo em seu olhar, eu lhe disse:

-No momento certo, chamaremos a gigante vermelha de supernova...

Futuroso, nosso diálogo prosseguia:

-Quanto tempo de espera mais ou menos, amigo?

-Bom, como é uma estrela com mais de nove massas solares, coloca aí na conta uns dez milhões de anos...

-Dez milhões de anos pra estrela se tornar uma supernova? Eê, ainda bem que as coisas nesse Tabuleiro acontecem num espaço-tempo harmonioso pra mim... Mas como vai dar pra saber se ela já é uma supernova?

-Ela se tornará uma supernova quando seu combustível praticamente parar de “queimar”; ou seja, quando as fusões nucleares forem insuficientes pra sustentar a estrela. Fique tranquila, você saberá! Como você mesma viu, o processo de fusão nuclear já começou aqui dentro; ou seja, o combustível já começou a queimar, marcando o início do ciclo de vida

da nossa estrela... Só que precisamos continuar avançando ainda mais pra você conhecer melhor o aconchego desse coração, tudo bem?

-Certo, vamos acompanhando o jeitinho de viver dessa gigante então... Aos poucos vou conhecendo mais esse coração de cebola...

-Isso! Pode até chorar, mas o tempero da alegria tá vindo... Um passo de cada vez e já já você estará no centro desse coração... É de lá que você verá essa estrela se tornar uma supernova...

-Ah, então vou ver essa maravilha enquanto eu estiver lá dentro mesmo? Isso tá melhor que camarote chique, hein!

Complementando a sequência de piadinhas, das quais só a gente ria, eu disse:

-Não é hotel cinco estrelas, é uma só, mas tem a melhor vista!

Com bom humor, Neutrina estendeu sua mão em direção à minha, a qual, prontamente, sempre esteve ali. Como somos amigos, caminhamos boa parte desse Tabuleiro de mãos dadas, mas, dessa vez, ela estava quase no limite do cansaço interno. Eu sabia, eu sei. Como quem esconde um tesouro, abracei aquela mãozinha que, suavemente, me pedia:

-Vamos caminhando?

Em resposta, meu desejo foi despertar aquele sorriso que eu bem conheço:

-Simbora, Neutrina! Aproveite pra contemplar essa vista maravilhosa, a caminhada aqui dentro da gigante vermelha tem uma paisagem espetacular!

-Tem mesmo, olha só quanta luz!

Lado a lado, fomos caminhando pelas camadas e reparando o quão rápido os núcleos atômicos se moviam. Era núcleo pra lá, núcleo pra cá... Parecia uma corrida atômica, mas sem nenhuma rota a seguir. Contudo, havia um propósito: eles se encontravam.

-Observe a nucleossíntese estelar, Neutrina: os núcleos atômicos estão se encontrando, se unindo no processo de fusão nuclear e formando elementos químicos bem diferentes, os quais tem núcleos cada vez mais massivos... Daqui a pouco, isso vai incluir também elementos de grande massa como escândio, titânio, cromo...

-Uauuu! Posso chegar mais perto e segurar alguns elementos pra comparar o peso?

-Sim, vem comigo!

Apertando fortemente minha mão, Neutrina foi se aproximando ainda mais do local em que as fusões nucleares estavam acontecendo. A menina estava encantada com o movimento daquele lugar quando, de repente, como num voo rasante, um elemento químico passou bem pertinho de seu ombro e, rapidamente, ela o capturou! Um pouco temerosa, mas novamente animada e curiosa, ela me disse:

-Que legaaal, amigo, peguei um elementinho! Humn, este é mais ou menos leve...

-Diga “oi” para o carbono, Neutrina!

-Ah, então esse é o tal carbono que minha professora de Ciências tanto fala...

Interessante...

-É sim! Mas ele não é muito massivo mesmo não... Se andarmos mais um pouquinho em direção ao coração dessa estrela, com certeza, encontraremos elementos mais massivos...

-Tchau, carbono!

E lá fomos nós, passo a passo.

-Olha lá, Neutrina, olha lá: tem vários outros elementos nessas novas camadas! Tem oxigênio, silício, enxofre e muito mais...

-Puxa, tô vendo, são tantos!

Depois de caminhar um pouco mais, estendi minha mão e peguei um elemento químico diferente daquele que Neutrina havia segurado antes. Coloquei-o em sua mão e, com sorriso largo, eu lhe disse:

-O que você acha desse, Neutrina? Ele “acabou de sair do forno”...

Entusiasmada, a menina arregalou os olhos e, em resposta, me falou:

-Que massaaaaa!!! Literalmente, rs... Este elemento realmente é bem mais pesado que aquele tal de carbono! Parece até uma bolinha de ferro!

-Bom, não é uma “bolinha de ferro”... Mas esse é o próprio elemento químico ferro! De modo geral, as fusões nucleares são eficientes até a formação dele, o ferro é formado bem no interior da estrela mesmo... Então, deixa eu te dar uma boa notícia: seja bem-vinda ao coração estelar!

Sorrindo para aquele cenário de descobertas, Neutrina soltou o elemento químico ferro como quem solta um passarinho e, em seguida, exclamou alegremente:

-Coraçãoooo! Então quer dizer que, finalmente, chegamos no coração da grandiosa estrela! Puxa, que incrível conhecer isso tudo de pertinho...

-Muito bom, não é mesmo?

-Demais! Tipo uma festa animada, cheia de luzes, e eu participando de tudo no camarote, rs...

-Haha, camarote movimentado esse, hein... Já tem uma quantidade enorme de cada elemento aqui dentro...

-Um montão mesmo! Que bom, acho que assim vai ter o suficiente pra me refazer e vai até sobrar... Eu preciso de todos os tipos de elementos químicos?

-Todos são fundamentais pra existência da Terra do jeitinho que ela é... Contudo, no seu corpo, os mais abundantes são o oxigênio, o “tal” do carbono, o hidrogênio, o nitrogênio, o cálcio e o fósforo...

-Humn, entendi... Tô pensando até uma coisa aqui... Além de pedir pra supernova me refazer, acho que vou pedir também pra levar um estoque desses elementos pra garantir...

-Um dia após o outro, minha amiga... A vida que passa pela tabela periódica vai além do que suas mãos podem segurar...

Digerindo minhas palavras, Neutrina olhou suas mãos vazias e disse:

-Tabela periódica... Se os elementos químicos representados nela não existissem, eu também não existiria... Elementos tão pequenininhos, mas com uma responsabilidade tão grande, né...

-E bota responsa nisso! Pensa só no oxigênio, tão importante pra sua vida... Presente no ar que você respira e, em parceria com o hidrogênio, tá na água, a qual compõe cerca de 70% do peso do seu corpo. Ishii, e o carbono, o que dizer deste elemento tão dinâmico? Participa de tantas reações químicas no seu organismo, tá nas moléculas orgânicas, nas células, inclusive na pele que reveste seu corpo.

-Nossa, então eu preciso muito dessa química mesmo! Tomara que a grande estrela consiga tirar os oxigênios, hidrogênios, carbonos e todos os demais elementos antigos que formaram meu corpo e colocar esses novos no lugar... Que a fartura de elementos tá boa aqui, isso tá!

-E tem mais, muito mais... Olha lá quanto nitrogênio, cálcio, fósforo...

-Tô vendo! Isso tá parecendo uma hortinha, só que cheia de elementos químicos pra eu colher... Dá vontade de jogar tudo numa *ecobag* e levar pra garantir, rs... Vou pedir todos pra grande estrela! Mas... Nitrogênio, cálcio, fósforo... Esses elementos fazem o que no meu corpo mesmo? Já ouvi um pouco sobre eles nas aulas de Ciências, mas não lembro muito bem...

-O nitrogênio é incrível: presente em muitas moléculas orgânicas, ele constitui aproximadamente 3% do corpo humano; é um elemento realmente vital! Aliás, sem nitrogênio, o que seria do DNA?

-Ah, eu lembro do DNA... A professora falou dele na aula sobre os seres vivos!

-Pois é, o DNA é fundamental para os seres vivos mesmo, é o jeitinho de determinar as características genéticas da pessoa, ou seja, a cor dos olhos, do cabelo, o tipo de sangue... E o nitrogênio faz parte disso, ele tá no seu DNA, Neutrina! Quanto ao cálcio, de todos os minerais que compõem o seu organismo, ele é o mais abundante... Tá nos ossos ao longo do

corpo e nos dentes também, fazendo esse sorriso ficar ainda mais forte, rs. Já o fósforo, ele tá em moléculas que participam de reações para dar energia às células... Aah, e se você tá crescendo assim, não pense que é fermento de bolo, rs... É que o fósforo também é um mineral muito importante para as estruturas ósseas!

-Puxa, todos esses elementos são tão pequenos e, ao mesmo tempo, indispensáveis pra minha própria existência... Ainda bem que são formados nessa abundância toda...

-Com certeza! Grandiosos em importância, em quantidade; pequenos em tamanho, ricos em detalhes: cada átomo de oxigênio inspirado, cada átomo de cálcio nos ossos, assim como átomos de ferro e carbono na musculatura e vários outros elementos químicos... Todos fazem parte do ciclo de vida das grandes estrelas, são elementos sintetizados dentro delas e, com muita generosidade, se estendem até você.

-Bem no interior das estrelas, um imenso coração batendo por mim...

-Pois é, essa gigante vermelha que você tá vendo vive assim, com o interior aquecido, um coração acolhedor. Por falar em vida... Já caminhamos por muuuitas casas aqui na Nucleossíntese estelar, esse conjunto de casas tão quentinho... E, assim como aconteceu lá naquela estrela de primeira geração, o combustível da gigante vermelha já vai praticamente acabar aqui dentro do coração... Finalmente chamaremos essa estrela de supernova...

-Então essa é minha oportunidade de pedir pra essa estrela gigante refazer os pedacinhos do meu corpo, tô aqui dentro do seu coração com os elementos químicos diante dos meus olhos e ela tá quase se tornando uma supernova... Essa é minha chance, amigo!

-Primeiro, deixa eu te fazer umas perguntinhas?

-Logo agora? Tá bom, sei que tudo que você fala é importante e coopera pro meu bem...
Pronta pra ouvir!

-Obrigada, de coração. Bem lá no início da nossa conversa, antes mesmo de você entrar no espelho do seu guarda-roupa, eu te disse que a gente podia repensar sua história a partir de um bom mergulho nessa missão em busca das estrelas... Você se lembra disso?

-Depois de tantos acontecimentos nesse Tabuleiro da Existência, minha mente tá bem cheia de informações, mas lembro disso sim, ela me deu esperança. Foi com essa esperança que, em meio ao medo, aos sustos, apertos, coisas explodindo, e até mesmo diante da desesperança, eu tive coragem de continuar em busca da grande estrela. Eu estava confiante porque tinha certeza de que você tava colocando o caminho pra eu andar- e olha que andamos muuuuito nesse Tabuleiro, hein, rs.

-Esperança na desesperança... Coragem! Que bom, fico feliz, muito feliz... Ei, você tá chorando?

E o silêncio, novamente, prevalecera por alguns minutos.

-Eu ia dizer que foi a cebola, rs... Mas, na verdade, o choro é de reconhecimento... É que nossa missão tá sendo realmente incrível! Eu nunca tinha visto coisas tão grandiosas assim na minha vida, mas confesso que já senti medos ainda piores antes, talvez até tenha sido pavor, não sei explicar... Do lado de fora do guarda-roupa, existe o meu quarto, minha casa, mas lá eu não consigo permanecer com essa mesma coragem que tenho aqui dentro do espelho. Um simples minutos dentro da estrela é melhor do que bilhões de anos dentro da minha realidade. Sei que ainda existem pessoas boas, minha esperança se renova caminhando com elas, e isso me dá coragem pra continuar... Mas quando entro em casa, do meu quarto, vejo estrelas de longe e pessoas de perto, o problema é que nem todas as pessoas são “gente boa” como as estrelas...

-Entendo. Eu te conheço, estava ali chorando com você em cada momento em que o medo tomou conta, assim como estava sorrindo também cada vez que renovei sua esperança.

-Ahh, esses renovos... Revigorantes! Obrigada! Mas o que eu tô achando incrível é que aqui consigo ter coragem!

-Encarar o Tabuleiro da Existência é missão para corajosos, e isso você teve desde que ousou entrar no espelho do seu guarda-roupa.

-Mas como eu vou ter essa coragem dentro do meu quarto, tão longe dessas estrelas? E se minha coragem sumir?

-A esperança se renova pra encher seu interior de coragem, acredite! Ter coragem não significa não ter medo. A coragem existe dentro de você, e você já sabe que tem essa capacidade de agir além do medo, da intimidação. A esperança de encontrar a supernova nessa missão Astroquímica te fez conhecer a menina corajosa que eu sempre enxerguei, e isso já faz parte de você, essa coragem é sua, não a solte mais.

-Sabe, mesmo com tantos acontecimentos estranhos: explosão, gravidade me apertando, elementos voando... Apesar disso tudo, o medo fica tão pequeno quando tô perto da luz estelar... É maravilhoso lembrar de cada passo nesse Tabuleiro... A gentileza das estrelas, por exemplo, que encanto! Liberar elementos químicos para o espaço é um gesto tão bonito... Contribui para que mais e mais estrelas com diferentes elementos químicos possam se formar... E isso chegou até mim, os átomos do meu corpo foram detalhadamente feitos no céu... É muita cooperação, é muita luz!

-Luz que te faz enxergar além do óbvio pra caminhar corajosamente!

-Verdade... Acho que tô me sentindo corajosa assim por estar mais perto das estrelas do que das pessoas... Aliás, mais do que perto, tô dentro da estrela! Não sei como vai ser quando

eu não estiver mais aqui dentro, mas continuo acreditando que essa estrela pode refazer os pedacinhos do meu corpo, assim vou apagar as marcas ruins dos dias de medo... Nossa, vai ser muito bom olhar pra mim e não ter mais lembranças ruins...

Neutrino me dizia essas palavras com tanta ternura que... Depois de ouvi-la, silencieei minha voz por alguns instantes. Respirei. Avisei:

-Bom, tá na hora... As fusões nucleares no coração da gigante vermelha tão ocorrendo tão poucas vezes que praticamente não tem mais combustível aqui dentro... A estrela tá se preparando para espalhar os elementos químicos que formam sua estrutura atômica agora... E aí, vai pedir pra ela refazer os pedacinhos que um dia formaram o seu corpo?

-Com certeza! Agora mesmo, com toda minha força, vou pedir...

Assim, Neutrino respirou fundo e, mantendo seus olhos fortemente fechados, deixou as palavras saírem do seu coração:

-Grandiosa estrela, passei por tantos lugares antes de entrar na sua nuvem... E a caminhada não começou no Tabuleiro da Existência não, pois eu já tava cansada antes mesmo de começar essa missão. Na verdade, andei desde quando me entendo por gente; até que passei por lugares bons, mas que se tornaram ruins. A esperança de te encontrar segurou firme na minha mão e me conduziu até aqui, sou muito grata por isso, valeu a pena cada passo na sua direção, a luz das estrelas foi clareando meu caminho. Agradeço por me deixar entrar no seu coração, tô me sentindo tão acolhida aqui dentro, sei lá, dá vontade de ficar aqui pra sempre, mas sei que meu quarto me espera. Entrei nessa missão pra te encontrar e pedir pra você refazer minha estrutura atômica, tirar os elementos químicos que um dia formaram meu corpo e colocar novos átomos no lugar. No caminho, eu fui entendendo que, quando o combustível de uma estrela acaba, ela espalha elementos químicos pelo espaço, formando novas estrelas que, com muita empatia, formam novos elementos químicos, os quais compõem a matéria básica do meu próprio corpo... Gentileza no céu que se estende na Terra!

Enquanto falava com a estrela, a menina estava tão concentrada que não percebera que estava ficando cada vez mais apertado lá dentro: As fusões nucleares praticamente cessaram no coração estelar, então a ação da gravidade estava vencendo, pois a pressão gerada pela radiação dentro da estrela já não era suficiente para suportar o peso das camadas externas. Acabou o equilíbrio! O coração da estrela gigante foi ficando cada vez mais apertadinho, e essa contração acabou formando muitos nêutrons, fazendo a densidade aumentar demais lá dentro, já que toda essa massa ficou concentrada numa esfera muuuuuito pequena... Assim, a gravidade contraiu o grandioso coração até seu interior ficar tão tão tãooooo pequeno a ponto dela não aguentar mais... E, como se já não bastasse, eis que surge uma onda de choque

atravessando a estrela como um raio! Indo em direção à superfície estelar, essa onda estava tão desesperada para escapar de dentro da estrela, que foi bagunçando tudo por onde passava. Mesmo com todo esse sofrimento, a grande estrela continuava ouvindo atentamente cada palavra que saía do coração de Neutrina, e, esperançosa, a menina prosseguia dizendo:

-Eu vi tantos elementos químicos se formando aqui dentro... Puxa, antes de voltar pra minha casa, eu te peço com toda esperança que ainda existe no meu coração: Aah, querida estrela, me refaz, por favor... Gostaria tanto de ter esses novos pedacinhos em mim, acho que assim as marcas ruins dos dias de medo, finalmente, serão apagadas do meu corpo, e vou me sentir como se nunca tivesse passado por lugares ruins, por pessoas sem sua bondade. Quero ter uma nova estrutura... Ao olhar novamente no espelho do meu guarda-roupa, preciso enxergar uma nova menina, novo ser humano, nova Neutrina. Podes me refazer?

CAPÍTULO 6- ESTRELAS TAMBÉM FALAM

Ao abrir os olhos, Neutrina esperava por uma resposta, ao menos algum sinal de reestruturação do seu corpo, qualquer coisa nesse sentido, mas o que viu foi o trágico céu revelado: a esplendorosa estrela deu seu último suspiro - um *black out* de aproximadamente uma hora, que mais parecia “um minuto de silêncio”. Depois de tanto sofrimento celestial, aquela onda de choque realmente foi a gota d’água... A “bagunça” cresceu tanto dentro da estrela, que aquilo tudo se tornou um caos avassalador... Buuum! Após o apagão, surgiu um clarão incrível anunciando... O fim? Morte estelar revelada: A grandiosa estrela acabara de explodir!

Pois é, foi isso mesmo que aconteceu: depois de abrir seu coração pra grandiosa estrela, a menina abriu os olhos e estremeceu diante de um impactante “bum”. “Socorroooooooooooooo!”, ecoou sua emergente voz [novamente].

Com a morte estelar, Neutrina finalmente viu a estrela se tornar uma supernova... A explosão marcou esse momento épico, seguida de luz, muita luz, e uma abundância de elementos químicos lançados no espaço - sim, todos aqueles elementos que estavam dentro da estrela foram distribuídos pelo universo! De olhos arregalados, a menina viu que, além de tudo o que já tinha sido sintetizado na estrela gigante, muitos elementos também foram formados no momento da explosão. Juntamente com essa “enxurrada” de elementos químicos, Neutrina foi lançada para fora da supernova... Aliás, ela e muitos outros neutrinos despercebidos! Cada um com sua história de vida, todos vagando cheio de energia pelo silencioso e estremecido cosmos.

Enquanto as pecinhas do quebra-cabeça da vida se espalham pelo universo, a ciência humana vai unindo detalhes que levam a grandes descobertas: os cientistas já sabem que o carbono, o oxigênio, o neônio, o silício e muitos outros elementos vieram de fusões nucleares como aquelas que Neutrina viu dentro da estrela. No entanto, fundir o núcleo de ferro com outros elementos consumiria energia em vez de gerá-la, ou seja, não rola fusão nuclear a partir daqui! Elementos mais pesados que o ferro foram e são formados por meio de um processo em que um núcleo captura nêutrons e depois consegue transformar o nêutron em próton, aumentando assim o número atômico, além de gerar muuuita energia! Infelizmente, tem gente que usa esse tipo de conhecimento para fazer coisas ruins, como a bomba atômica, por exemplo, que destruiu inúmeras casas, sonhos e, principalmente, pessoas durante a Segunda Guerra Mundial. No meio de tanto caos, o que me alegra é saber que ainda há seres humanos que expressam amor, essência que não se perde com perdas.

Quanto ao desenvolvimento científico, existem pesquisas em busca de respostas sobre onde essa captura de nêutrons ocorre em grande escala... Durante algum tempo, muitos cientistas acreditavam na hipótese de que isso se daria na explosão de supernovas, estimando que a onda de choque e a energia emitida na forma de neutrinos seriam capazes de suprir a energia necessária pra sintetizar os elementos mais pesados da tabela periódica. Entretanto, há pesquisas que indicam que o ambiente ali nas camadas mais externas do “coração partido” não é rico o suficiente em nêutrons pra conseguir fazer tantas capturas assim. Dessa maneira, estudos mais recentes apontam para a sintetização de elementos mais pesados envolvendo outro tipo de estrelas, as estrelas de nêutron... Essas estrelas se formam a partir do núcleo que sobra da supernova que explodiu. É que esse núcleo remanescente da explosão se transforma em uma estrela de nêutrons se a massa da estrela progenitora tiver cerca de oito a vinte vezes a massa do sol - se for maior do que esse limite estimado, o núcleo se transforma em um buraco negro - Mistérios do universo!

Bom, mas, naquele momento de grande tremor e temor, Neutrina pairava no espaço entre inúmeros elementos químicos da tabela periódica e, como quem vê uma luz no fim do túnel, gritou ao reconhecer os elementos mais abundantes do corpo humano:

-Oxigênioooo! Carbonooo! Hidrogênioooo! Nitrogênioooo! Cálcioooo! Fósforo!!! Preciso chegar mais perto...

Parecendo colher conchinhas na areia do mar, ali estava a menina tentando resgatar esses elementos que, rapidamente, se espalhavam pelo espaço.

“Nãoooooooo!!!” Gritou Neutrina ao perceber que não conseguiria reunir todos os pedacinhos necessários pra refazer seu corpo. Cansada e com uma desesperança oscilante, a menina parecia se encolher na imensidão do universo. Pouco tempo depois, olhando toda aquela luz, seu pensamento foi além das chances aparentemente perdidas: ela se deparou com a triste realidade da morte estelar! O que aconteceu com a estrela depois que as fusões nucleares se tornaram tão pouquinhos que praticamente pararam de ocorrer dentro dela? Como os elementos químicos saíram de lá? Num abrir de olhos, muitos questionamentos que Neutrina havia feito antes foram iluminados e, percebendo que estava diante da despedida da grande estrela, a menina já não pensava nos elementos químicos espalhados, ela só queria dizer adeus ao coração que tão bem lhe acolhera. Neutrina estava triste, o céu também chorou.

E, mais uma vez, silêncio.

-Ei, Neutrina, por que você tá chorando?

-Como “porque”? A estrela que me acolheu se foi, a grandiosa estrela morreu...

-É, mas a partir dessa triste realidade, você viu a supernova surgir, e com um esplendor gigantesco!

-Eu sei, clareou tudo aqui... Foi o acontecimento mais impressionante que já vi!

-Sim! É tanta luz que, poucas semanas após o aparecimento da supernova, a sua luminosidade pode chegar a valores dez bilhões de vezes maiores que a luminosidade do sol!

-Uauu, mais luz do que o sol!!!

-Sim, só que depois desse “pico” de luminosidade, ela decresce até se tornar invisível pra você, mas ela continua existindo de alguma forma... A grandiosa estrela morreu, mas só assim você poderia conhecer a tão esperada supernova, aliás, só por causa de sacrifícios assim que você existe... Podemos dizer que essa luz revela a grandeza do sacrifício estelar...

-“Aqui jaz uma estrela”, bem disse o poeta.

-Humn, você lembrou da poesia...

-“Coração não batia, vida sem forma, vazia, nem hidrogênio existia pra tudo mais se formar. Mistério tão quente, um sopro vivente, poeira de gente querendo brotar.” Foi ao som dessa poesia que meu coração parecia dançar lá no início da nossa missão...

-Pois é, lembro bem daquele momento sublime... E a poeira de gente brotou! Se as grandes estrelas não morressem como essa que se foi, você nem existiria, Neutrina!

-Eu sei, mas quero elas vivas! Todas! Fui tão bem acolhida no coração dessa estrela gigante que não tem como desejar a morte pra nenhuma delas...

-As grandes estrelas estão vivas!

-Vivas? Então me diga aonde elas estão... Aonde?

-Nessa missão, seus olhos presenciaram um trágico acontecimento no céu, mas essa foi também sua oportunidade de conhecer um pouco sobre a origem dos elementos químicos. A morte da grandiosa estrela não foi o fim, representou o começo... O seu começo! Agora, neste momento, olhe bem pra você, seu corpo, sua estrutura, sua vida... Veja com a mesma coragem de quando enfrentou o medo e se enxergou no espelho de seu guarda-roupa.

Em silêncio, Neutrina olhava suas mãos, pés, gestos e sentia seu coração ritmar aquele sutil momento de reconhecimento.

-Lembre-se sempre do que te dá esperança, vamos olhar pra essa situação por outro ângulo: As grandes estrelas continuam vivendo em você! O que foi formado dentro delas, inclusive no coração acolhedor, agora faz parte da composição do seu corpo. A poeira estelar faz parte da sua estrutura atômica, ela compõe seu corpo, tá em cada detalhe; a sua vida expressa a vida da esplendorosa estrela!

“Puxa, no fundo, no fundo, você tem razão...”, disse Neutrina, ainda bem baixinho, ao se reconhecer como um ser humano de luz. Pouco tempo depois, com um olhar diferente, convicta de quem ela era, seu peito se encheu de coragem e sua voz soou como um vibrante acorde de violão:

-Tem vida aqui!

“Tem. Vida. Aqui!”, ecoava a voz da menina resoluta e pausadamente. E prosseguiu:

-A vida continua sim, e numa menina repleta de sonhos que acabaram de despertar! Sou pó da terra, poeira de estrela que morreu, morreu pra viver em mim...

Pouco a pouco, um radiante sorriso interno aformoseava seu rosto.

-Ô coisa boa de ouvir... Você tem voz! É maravilhoso ver essa convicção no seu sorriso... Ai ai, menina dos meus olhos, tem muita luz vivendo em você! Sempre te falei o quão precioso é ser Neutrina... Olho pra sua vida e vejo a beleza da existência em detalhes tão pequenos... Será que você já consegue ver a mesma arte que eu vejo?

Diante da luz que amanhecia seus pensamentos, num processo de reconstrução interna, uma nova perspectiva de vida acordava em Neutrina. Então, sorrindo, ela me disse:

-Olhando as estrelas de perto, me enxerguei em luz...

Feliz, complementei:

-Essa luz pode clarear os cantos do seu quarto... Estamos caminhando pra última casa do Tabuleiro, tá na hora de voltar a olhar as pessoas de perto e as estrelas de longe... Mas, a partir de agora, com o olhar, a coragem e a voz que você sabe que tem...

-Verdadeiramente, sei! Meus pedacinhos não foram refeitos, meu corpo ainda carrega marcas, mas não sou mais a mesma... Ou melhor, sou quem sempre fui, mas não enxergava o verdadeiro “eu” até abrir os olhos e conhecer a gentileza da vida de perto. Bem no interior, o fôlego dessa vida enche o peito de coragem, faz a voz soar de tal maneira que nada mais silencia a criança em mim... De tela coberta à arte revelada!

Como violão que diz o que poucos escutam, as palavras de Neutrina pareciam dedilhados em mi maior para ouvidos sensíveis.

-Você tá chorando, amigo? (Perguntou-me Neutrina).

-Ei, essa pergunta é minha, rs. Mas... Tô sim, um choro de quem encontra céu na Terra, o coração acolhedor da grande estrela encontrou novo lar. Que bom, pois depois de tanto sacrifício, tantas explosões... Valeu a pena! Sem as estrelas, a vida no universo seria impossível porque a química existente seria simples demais pra formar o sistema solar, a Terra e também o que está sobre ela...

-Verdade, tudo no planeta precisava dessa química, inclusive, eu...

-Sim, inclusive você, um ser repleto de vida! Os primeiros organismos vivos tinham como base da sua composição os elementos que foram lançados na Terra quando ela se originou, há quatro bilhões e meio de anos. O corpo humano, como você já sabe, formado basicamente por carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, apesar de ter surgido bem depois, também é formado pelos elementos que chegaram à Terra vindos das estrelas, da morte estelar... Repito: valeu a pena!

-Como é bom saber que eu faço parte desse plano tão grandioso e, ao mesmo tempo, cheio de detalhes...

-Todas as coisas foram, cuidadosamente, organizadas no céu para apresentar uma química complexa o bastante para que se desenvolvesse a vida na Terra, a sua vida... E eu vi que era muito bom... Aliás, continuo, aqui, vendo a grande estrela se expressar nas palavras que, cheias de movimento, na verdade, nunca dormiram nas folhas de suas poesias. Bom, a última casa dessa missão tá logo ali na frente...

-Ah, tô vendo, é bem grande e iluminada...

-Sim, é que a última casa do Tabuleiro da Existência é a continuidade da luz que clareou essa missão Astroquímica, é o seu caminho de coragem para expressar cada pe-da-ci-nho como esses que você viu aqui... Segure firme na minha mão e fique atenta, pois vamos pular nessa casa pra sair do espelho e voltar para o seu quarto no já, hein...

-Tá, pode contar quantos números você quiser, pois tô prestando atenção em cada palavra...

-Então tá bom... 1, 2, 3 4, 5, 6, 7 e jáaaaaaaaaa!

Desse jeitinho um tanto quanto convicto, Neutrino saiu do espelho do seu guarda-roupa... Um silêncio de paz, mesmo no escuro, assim foi o ambiente que a menina percebera ao chegar do outro lado do espelho. Reconhecendo seu quarto, caminhou para o cantinho em que estava sua velha mochila *jeans*. Abriu. Pegou uma folha em branco, uma caneta que insistia em falhar e, confiante, lá se foi Neutrino comigo até a janela do seu quarto. Assim, escreveu:

“Tintas na tela

Olho da janela, o vento move as telas

Que ganham vida em cada cor

Vejo muitos quadros, alguns bonitos, raros

Humanos que ainda tem amor
Há arte em todo lugar, há tintas na tela
Eu vi que alguém sorria ao som do violão
Não importa o tom ou a nota da canção
Se há paz em melodia, cores em acordes
Tão simples arte
E o Poeta conhece telas tão bem
Mais do que alguém que pinta a si mesmo
Incompletas telas
E o Poeta nos conhece tão bem
É verbo, é paz
Faz arte e refaz
Poesia é mais que versos
É luz no livro aberto
Pra clarear toda arte
Que quer amar a verdade
Do Poeta que conhece telas tão bem
Mais do que alguém que pinta a si mesmo
Incompletas telas
E o Poeta nos conhece tão bem
É verbo, é paz
Faz arte e refaz.”

Depois de conhecer tantas complexidades que compõem sua existência, sabendo que veio do pó e que para o pó voltará um dia, Neutrina passou a olhar seu corpo como uma linda expressão do céu, sublime poesia estelar... A menina não conseguiu refazer sua estrutura física, mas sua mente foi renovada com um novo sentido de vida, Neutrina foi refeita por dentro! “Tudo e todos se dirigem para o mesmo fim: tudo vem do pó e tudo retorna ao pó”. Essa é uma realidade que vai além de quaisquer diferenças: ricos, pobres, índios, negros, mulheres, homens, crianças... Todas as pessoas voltarão à sua mesma origem material: poeira das estrelas! Com o desenvolvimento científico, a humanidade continua buscando conhecer mais desses processos, embora existam mistérios do universo que são indecifráveis para a compreensão humana. E isso tudo é maravilhoso!

Quanto a mim? Eu continuo ali, juntinho com Neutrina! O que são dez, vinte, cinquenta, noventa, ou até mesmo bilhões de anos no tabuleiro da existência, diante da eternidade celestial? Permaneço com as Neutrinas da vida todos os dias, até a consumação dos séculos! Fiz essa viagem com minha pequena porque a gente é amigo, mas, se você acha que não me conhece ainda, permita-me: Eu sou. Sou o abraço que acolhe, sou o Criador que se une à criatura, pode me chamar de amor, eterno amor. Sabe aquelas mãos que seguravam as mãos de Neutrina durante a missão Astroquímica? Então, são as mesmas que fizeram a humanidade com muito carinho, e eu utilizo linguagens e conceitos que permitem às pessoas conhecerem um pouco da ciência envolvida nessa criação. Ah, e não se espante se o espaço-tempo se curvar por onde eu passar, é que sou a luz do universo, ando clareando mentes humanas por aí!

Bom, te contei sobre essa aventura com minha amiga Neutrina para que você se sinta encorajado a caminhar pelas estrelas comigo também... Aproveite cada passo para ampliar sua visão de mundo, se encante com os detalhes da vida, valorize seu processo de (re) conhecimento, seu corpo é arte enxertada de amor! “E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria”.

APÊNDICE B

MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR- MAP

Parabéns por aceitar o desafio de ser um multiplicador da cultura de Direitos Humanos na escola! Queremos te ajudar a vivenciar a Educação em Direitos Humanos em sala de aula. Vamos juntos, professor!

TEXTO INTRODUTÓRIO

Diferentes cores de pele, cabelos, organização social, pensamentos... Assim são os seres humanos nas suas diversidades. Vidas tão diferentes, mas com uma profundidade que excede a exterioridade: a dignidade que cada pessoa carrega em sua essência humana. Mas em que consiste essa dignidade? O que é o ser humano? Essas são indagações que, ao longo da história, permeiam os campos da religião, da filosofia e da ciência (COMPARATO, 2003).

A **dignidade** é uma qualidade inerente aos seres humanos enquanto sujeitos morais (KANT, 1995 apud WEYNE, 2008). Para Immanuel Kant, o homem é um fim em si mesmo, não podendo ser utilizado como instrumento. Dessa forma, a proclamação do valor da pessoa humana acarreta na afirmação de direitos específicos de cada homem (KANT, 1995 apud WEYNE, 2008). Contudo, a vivência desses direitos humanos pode se realizar se, e somente se, as regras morais forem interiorizadas por cada ser humano (KANT, 1995 apud WEYNE, 2008). Nesse sentido, a Educação em Direitos Humanos (EDH) não se baseia apenas na construção de conhecimentos em Direitos Humanos (DDHH) como leis, tratados etc., mas em profundas discussões de valores sociais pautados em DDHH (CORTINA, 2005 apud OLIVEIRA; QUEIROZ, 2017).

E como se faz, na prática, Educação em Direitos Humanos? Esse é um processo construído aos poucos, seja com aquisição de informações, seja com a troca de experiências, seja com a prática do dia a dia. Por isso, para atuar com Educação em Direitos Humanos, é importante:

- a. Conhecer o que foi escrito sobre o assunto no maior número possível de áreas: filosofia, sociologia, pesquisas, etc., tanto no Brasil quanto no exterior. O tema “Direitos Humanos” é debatido e atualizado a cada minuto!
- b. Participar de discussões, debater, apresentar propostas que estejam baseadas em leituras de documentos importantes (marcos normativos e legislações).

- c. Manter a mente aberta para o novo e para o aprendido. E ter em mente que o que sabemos, hoje, é apenas o ponto de partida para tudo que podemos aprender.
- d. Exercitar a dúvida: perguntar, refletir, reciclar o próprio conhecimento no diálogo com a experiência do outro. E entender que não há apenas uma resposta para cada pergunta.
- e. Trabalhar, permanentemente, pela promoção dos Direitos Humanos em todos os cenários: família, escola, comunidade.

Como se trata de um processo, reunimos aqui um material básico para te auxiliar na aplicação do produto educacional. Sugerimos, portanto, a leitura e compreensão dos textos a seguir, pois este material foi elaborado de modo que: **ATENÇÃO: Os textos 1 e 2 auxiliarão na condução das discussões propostas na sequência didática do produto educacional. Já os textos 3, 4 e 5 vão além das discussões, visam ampliar ainda mais o campo de conhecimento do professor que se propõe a vivenciar a Educação em Direitos Humanos em sala de aula.**

TEXTO 1- DIREITOS HUMANOS, UMA NECESSIDADE HUMANA!

O que são? Como surgiram? Por que são necessários? E para quem são os Direitos Humanos?

Este texto é uma adaptação de fragmentos contidos no curso “Educação em Direitos Humanos”, certificado pela Escola Nacional de Administração Pública- ENAP em parceria com a Secretaria Nacional de Cidadania do, até então, Ministério dos Direitos Humanos-SNC/MDH. Disponível gratuitamente em plataforma digital desde 2018, o curso busca contribuir para a conformação de uma visão abrangente acerca dos desafios e alternativas à Educação em Direitos Humanos, constituindo-se em subsídios para a prática e vivência de ações educativas em Direitos Humanos no âmbito de atuação dos participantes.

Conceitos Básicos:

Para facilitar a busca pelas respostas a essas perguntas, que tal irmos à raiz do conceito? Afinal, por trás dos Direitos Humanos estão, simplesmente, os direitos!

Direito é aquilo que não é torto. O que não é torto é reto! Pode parecer simples demais, mas é isso mesmo: algo que é direito é algo íntegro, justo, honrado. Algo que não é torto! É claro que há muitas outras definições para direito, inclusive a de que ele é a ciência social que estuda as normas que regulam o funcionamento de qualquer sociedade. Mas, neste momento,

vamos buscar uma definição mais simples e mais exata. Então, partindo da ideia de coisa certa e justa, podemos afirmar: direito é aquilo que a pessoa pode reivindicar para si e que esteja de acordo com o que é certo, com as leis e a justiça. Agora que sabemos o que é um direito, podemos passar para a próxima etapa, que é definir o que são Direitos Humanos.

Princípios dos Direitos Humanos

Para começar, é importante ter em mente que a definição de Direitos Humanos é recente. O direito, como ciência, é antigo, mas os Direitos Humanos são uma noção bem mais moderna. E, justamente por ser jovem, estamos falando de um conceito repleto de contradições e posições polêmicas. Mas, de modo geral, encontramos algumas definições bastante esclarecedoras. Vejamos:

- Direitos Humanos são os direitos e liberdades básicas de todos os seres humanos.
- Os Direitos Humanos são direitos inerentes a todos os seres humanos, independentemente de raça, sexo, nacionalidade, etnia, idioma, religião ou qualquer outra condição.
- Incluem o direito à vida e à liberdade, à liberdade de opinião e de expressão, o direito ao trabalho e à educação, entre muitos outros. Todos merecem esses direitos, sem discriminação.

Uma breve história dos Direitos Humanos

Acabamos de ver que Direitos Humanos são um conceito bem mais recente do que a própria ciência do direito. Mas será que esses direitos fundamentais — ou parte deles — não existiam com outras denominações antes que o conceito fosse criado? E, afinal, existe muita diferença entre o que era considerado direito há cem anos e agora?

Norberto Bobbio, filósofo italiano, considera a **evolução histórica** como fundamental na construção dos Direitos Humanos. Segundo ele, os direitos do homem, por mais fundamentais que sejam, são direitos históricos. Eles nasceram como resultado de lutas por novas liberdades, contra velhos poderes. Segundo Bobbio, esses direitos nasceram gradualmente, não todos de uma vez e nem de uma vez por todas (BOBBIO, 1988).

Alguns direitos conquistados ao longo da história:

- Direitos civis: são aqueles ligados às liberdades individuais, como o direito de ir e vir, o direito à vida, à liberdade de expressão, à igualdade perante a lei, entre outros.
- Direitos políticos: garantem a participação do cidadão no governo. É o direito de eleger e de ser eleito. Realizar manifestações políticas e mesmo fundar partidos políticos. O direito à liberdade de reunião, liberdade de associação, à participação na vida política.

- Direitos econômicos, sociais e culturais: Esses direitos nasceram das lutas dos trabalhadores pelo direito ao trabalho e a um salário digno, pelo direito de usufruir da riqueza e dos recursos produzidos pelos seres humanos, como moradia, saúde, alimentação, educação, lazer.

Depois da Segunda Guerra Mundial, existia na comunidade internacional um sentimento generalizado de que era necessário encontrar uma forma de manter a paz entre os países. Logo após o fim do conflito, formou-se a **Organização das Nações Unidas (ONU)**, cujo objetivo declarado é trazer paz a todas as nações do mundo. Com esse objetivo, foi criada uma comissão para elaborar um documento onde seriam escritos os direitos que toda pessoa deveria ter. Esse documento, assinado em 1948, é a **Declaração Universal dos Direitos Humanos**, formada por 30 artigos que versam sobre os direitos inalienáveis que devem garantir a liberdade, a justiça e a paz mundial.

Foi na II Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Direitos Humanos, realizada em Viena, em 1993, que a ideia da unidade e indissociabilidade dos Direitos Humanos foi solenemente proclamada: a partir daquele momento, os Direitos Humanos passaram a ser considerados inseparáveis! Conforme o parágrafo 5º da Declaração de Viena **“todos os Direitos Humanos são indivisíveis, interdependentes e inter-relacionados”**. A comunidade internacional deve tratar os Direitos Humanos de forma justa e igualitária. E o que isso significa? Que, na prática, é insuficiente respeitar alguns Direitos Humanos e outros não. Para que um direito seja realizado, outros direitos também precisam ser garantidos, e nenhum direito é superior ao outro.

Para saber mais:

COMPARATO, F. K. **A afirmação histórica dos Direitos Humanos**. 3 ed. rev.e ampl. São Paulo: Saraiva, 2003.

Escola Nacional de Administração Pública (ENAP). **Educação em Direitos Humanos**- curso *on line*. Disponível em: <<https://www.escolavirtual.gov.br/curso/129>>.

OLIVEIRA, R. D. V. L.; QUEIROZ, R. P. C. **A formação de professores de ciências em uma perspectiva de educação em direitos humanos**. Tese de Doutorado. Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://dippg.cefet-rj.br/ppcte/index.php/pt/teses-e-dissertacoes>>.

WEYNE, Bruno Cunha. Dignidade da pessoa humana na filosofia moral de Kant. **Revista Jus Navigandi**, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 13, n. 1775, 2008. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/11254>>.

TEXTO 2- “DI MENOR” NÃO, ECA!

Qual a relevância do ECA na convivência humana? Como se estabelece a relação entre ECA e DH?

Este texto é uma adaptação de fragmentos contidos no blog “*Child Fund Brasil*”, uma organização governamental, cujos texto na íntegra está disponível no link: <<https://www.childfundbrasil.org.br/blog/eca-estatuto-da-crianca-e-adolescente/>>.

“Na década de 70, surgiu o **Código de Menores**, uma lei de proteção aos menores- ao menos em teoria. De acordo com seu primeiro artigo, ele dispunha sobre assistência, proteção e vigilância a menores de até 18 anos em situação irregular. Fruto de uma época autoritária, visto que estávamos em plena Ditadura Militar, não demonstrava preocupação em compreender e atender à criança e ao adolescente. De acordo com o entendimento da época, o “menor em situação irregular é aquele que se encontrava abandonado materialmente, vítima de maus-tratos, em perigo moral, desassistido juridicamente, com desvio de conduta ou o autor da infração penal”. Vê-se que não há diferenciação entre o menor infrator e o menor em situação de abuso, o que uniformiza o afastamento deles da sociedade. Em outras palavras, o Código de Menores objetivava apenas a punição dos menores infratores.

Constituição Cidadã

Com o advento da Constituição de 1988, também chamada de Constituição Cidadã, difundiu-se os ideais de liberdade, igualdade e fraternidade, além do fomento à participação popular. Como fruto dos movimentos sociais que realmente defendiam seus direitos, nasceu o Estatuto da Criança e do Adolescente, que reúne normas para garantir a tão sonhada proteção.

Qual é a sua importância?

A Constituição Federal estabeleceu a família, a sociedade e o Estado como responsáveis pela formação e estruturação dos indivíduos, conforme dispõe o artigo 227:

- Art. 227. É dever da família, da sociedade e do Estado assegurar à criança, ao adolescente e ao jovem, com absoluta prioridade, o direito à vida, à saúde, à alimentação, à educação, ao lazer, à profissionalização, à cultura, à dignidade, ao

respeito, à liberdade e à convivência familiar e comunitária, além de colocá-los a salvo de toda forma de negligência, discriminação, exploração, violência, crueldade e opressão.

É o reconhecimento das crianças e dos adolescentes como sujeitos de direitos protegidos pela lei. A importância do ECA deriva exatamente disso: reafirmar a proteção de pessoas que vivem em períodos de intenso desenvolvimento psicológico, físico, moral e social.

Portanto, veio para colocar a Constituição em prática. Essa prática, conforme nossa Lei Maior, dá-se pelo Estado, por meio da promoção de programas de assistência integral à saúde da criança, do adolescente e do jovem, sendo também admitida a participação de entidades não governamentais, mediante políticas específicas.

O que é o ECA?

O ECA (Estatuto da Criança e do Adolescente) é o documento que traz a Doutrina da Proteção Integral dos Direitos da Criança, que coloca a criança e o adolescente como sujeitos de direito com proteção e garantias específicas, como dito anteriormente. Para que isso seja alcançado, estruturou-se em dois princípios fundamentais:

1. Princípio do Interesse do Menor: todas as decisões que dizem respeito ao menor devem levar em conta seu interesse superior. Ao Estado, cabe garantir que a criança ou o adolescente tenham os cuidados adequados quando pais ou responsáveis não são capazes de realizá-los;
2. Princípio da Prioridade Absoluta: contido na norma constitucional (artigo 227), ele estabelece que os direitos das crianças e dos adolescentes devem ser tutelados com absoluta prioridade.

Considerando esses princípios, o ECA tenta garantir aos menores os direitos fundamentais que todo sujeito possui: vida, saúde, liberdade, respeito, dignidade, convivência familiar e comunitária, educação, cultura, esporte, lazer, profissionalização e proteção no trabalho. Enfim, tudo para que possam exercer a cidadania plena.

O ECA no enfrentamento da violência sexual infanto-juvenil

É preocupante como a violação dos direitos da criança e do adolescente se acentua no âmbito da violência sexual: entre os anos de 2011 e 2017, o Brasil teve um aumento de 83% nas notificações gerais de violências sexuais contra esses grupos, segundo boletim emitido pelo, até então, Ministério da Saúde em 2018. No período, foram notificados 184.524 casos de violência sexual, sendo

58.037 (31,5%) contra crianças e 83.068 (45,0%) contra adolescentes (BRASIL, 2018). No enfrentamento à violência sexual, o ECA apresenta 17 artigos compreendidos no “Protocolo Facultativo à Convenção sobre os Direitos da Criança Referente à Venda de Crianças, à Prostituição Infantil e à Pornografia Infantil”.

A partir da implementação do ECA, em consonância com outras normas e acordos internacionais, a violência sexual contra crianças e adolescentes passa a ser encarada como violação aos direitos humanos, ou seja, violação ao respeito, à dignidade, à liberdade, à convivência familiar e comunitária e ao desenvolvimento de uma sexualidade saudável (BRASIL, 2011). A violência sexual engloba diferentes situações verificadas em casos de abuso sexual e exploração sexual. Entende-se por abuso sexual infantil o envolvimento de crianças e adolescentes em situações nas quais há contato sexual físico (sexo genital, anal ou oral, carícias, toques genitais etc.), assim como também pode ocorrer abuso sexual sem o contato físico (assédio sexual, abuso sexual verbal, telefonemas obscenos, produção e exposição à pornografia, bem como *voyerismo* e exibicionismo). No caso da exploração sexual, destaca-se a finalidade do lucro, fomentado por turismo sexual, pornografia, tráfico e prostituição de crianças e adolescentes (BRASIL, 2011).

Segundo a Lei N° 9.970, em 18 de maio, é celebrado o Dia Nacional de Combate ao Abuso e Exploração Sexual de Crianças e Adolescentes. Esse dia faz referência a 18 de maio de 1973, data em que Araceli Cabrera Crespo, de oito anos de idade, desapareceu da escola onde estudava e nunca mais foi vista com vida. A menina foi espancada, estuprada, drogada e morta numa orgia de drogas e sexo. Seu corpo, o rosto principalmente, foi desfigurado com ácido. Seis dias depois do massacre, o corpo foi encontrado num terreno baldio, próximo ao centro da cidade de Vitória, ES. Seu martírio significou tanto que esta data se transformou no “Dia Nacional de Combate ao Abuso e Exploração Sexual de Crianças e Adolescentes”. Desde então, entidades que atuam em defesa dos direitos de crianças e adolescentes promovem atividades em todo o país para conscientizar a sociedade e as autoridades sobre a gravidade dos crimes de violência sexual cometidos contra menores (BRASIL, 2018).

Existem algumas iniciativas educativas que ressaltam, de forma prática, a importância do educar para intervir nas questões sociais referentes à violência sexual infantil. Uma dessas iniciativas é o Claves Brasil, um programa que tem como proposta de trabalho a promoção de bons tratos e prevenção dos maus tratos e da violência sexual na infância e na adolescência. As três áreas de trabalho do Claves são: capacitações e oficinas; elaboração de recursos didáticos e; campanhas de sensibilização pública e protagonismo infanto-juvenil. O Claves

Brasil está ligado ao Claves – JPC Uruguai e compartilha da experiência acumulada de seus 20 anos de atividade por toda a América Latina (CLAVES BRASIL, 2017).

Outra organização notável é a Avalanche Missões, cuja sede é em Vitória-ES. Trata-se de uma agência que atua com cursos de capacitação para o enfrentamento de problemas urbanos no Brasil e no mundo desde 2004. Em seu curso intitulado “Sexualidade”, entre outras atividades, a instituição realiza intervenções sociais em ruas, praças, feiras etc. A partir de uma abordagem artística e informativa, as intervenções da Avalanche provocam certa inquietação na sociedade, disseminando assim uma cultura de “quebra de silêncio” frente às questões de violência sexual infantil (AVALANCHE MISSÕES, 2019).

Para saber mais:

AVALANCHE MISSÕES. **Escola de Sexualidade.** Disponível em: <<http://avalanchemissoes.org/quemsomos>>.

BRASIL. **Estatuto da Criança e do Adolescente- ECA.** Lei n. 8.069. Brasília: Diário Oficial da União: 16 de julho de 1990.

CLAVES BRASIL. **Claves Brasil.** Disponível em: <<http://www.clavesbrasil.org>>.

TEXTO 3- OBSERVE SUA SALA DE AULA

Este texto é uma adaptação de fragmentos contidos no “Guia Escolar: Identificação de sinais de abuso e exploração sexual de crianças e adolescentes”, publicado em 2011 numa parceria entre a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e o Ministério da Educação. O Guia busca estimular um processo de reflexão crítica em relação aos próprios comportamentos, atitudes e modelos, visando instrumentalizar os professores para a ação.

A promoção e a defesa dos Direitos Humanos são vistas como “urgências existenciais”. Preparar-se para essa tarefa significa se perguntar: “o que eu posso fazer, o que pode fazer a escola, o que podem fazer as instituições ao meu redor?”. É também criar, alimentar e retroalimentar uma cultura de prevenção para agir no curto prazo e ao longo de toda a vida. Nesse sentido, entre muitos outros conteúdos, o Guia Escolar apresenta os principais sinais da ocorrência de abuso para que o educador aprenda a identificá-los:

Comportamento/ sentimento- Crianças e adolescentes “avisam”, de diversas maneiras, que estão vivenciando situações de maus tratos e abuso sexual, quase sempre de forma não verbal.

- Mudanças comportamentais radicais, súbitas e incompreensíveis, tais como oscilações de humor entre os estados de timidez e extroversão.
- Mal-estar pela sensação de modificação do corpo e confusão de idade.
- Regressão a comportamentos infantis, tais como choro excessivo sem causa aparente, enurese (emissão involuntária de urina) e hábito de chupar os dedos.
- Medo, ou mesmo pânico, de determinada pessoa ou sentimento generalizado de desagrado quando deixada em algum lugar.
- Medo do escuro ou de lugares fechados.
- Autoconceito negativo, baixo nível de autoestima e excessiva preocupação em agradar os outros.
- Tristeza, abatimento profundo ou depressão crônica.
- Vergonha excessiva, inclusive de mudar de roupa na frente de outras pessoas.
- Culpa e autoflagelação.
- Ansiedade generalizada, comportamento tenso, sempre em estado de alerta, e fadiga.
- Excitabilidade aumentada (hipervigilância ou dificuldade de concentração).
- Fraco controle de impulsos, comportamento autodestrutivo ou suicida.
- Comportamento disruptivo, agressivo, raivoso, principalmente dirigido contra irmãos e o familiar não incestuoso.
- Transtornos dissociativos na forma de personalidade múltipla. Repetição constante do que outras pessoas verbalizam.

Frequência e desempenho escolar

- Assiduidade e pontualidade exageradas. Chegam cedo e saem tarde, demonstram pouco interesse em voltar para casa após a aula, ou até apresentam resistência a isso.
- Queda injustificada de frequência à escola.
- Dificuldade de concentração e de aprendizagem, resultando em baixo rendimento escolar.
- Ausência ou pouca participação nas atividades escolares.

- O aparecimento de objetos pessoais, brinquedos, dinheiro e outros bens que estão além das possibilidades financeiras da família da criança ou adolescente podem indicar favorecimento e/ou aliciamento. Se isso ocorrer com várias crianças da mesma sala de aula, ou da mesma série, pode indicar a ação de algum pedófilo na região. Relacionamento social
- Tendência a isolamento social, apresentando poucas relações com colegas e companheiros.
- Relacionamento entre crianças e adultos com ares de segredo e exclusão dos demais.
- Dificuldade de confiar nas pessoas à sua volta.
- Evitamento de contato físico.
- Frequentes fugas de casa.
- Prática repentina de delitos como forma de transgressão ou de chamar a atenção, ainda que inconscientemente.

O que fazer quando há suspeita de violência sexual ou dúvida sobre a ocorrência?

Como previsto em lei, mesmo nos casos de suspeita, a notificação deve ser feita ao Conselho Tutelar ou à delegacia de polícia. Uma notificação bem fundamentada pode contribuir para agilizar sua tramitação. Para formulá-la, o educador deve relatar os comportamentos observados, de acordo com os sinais de abuso, bem como os dados fornecidos pela própria criança ou adolescente por meio de revelações, comentários ou situações. O educador e/ou a direção da escola pode optar entre fazer a abordagem com a criança ou adolescente ou simplesmente notificar a suspeita de abuso às autoridades responsáveis e delegar a elas as tarefas de abordagem e avaliação da ocorrência ou não do abuso.

O que fazer quando a criança ou adolescente relata uma situação de abuso sexual já ocorrida ou que está em curso?

É importante explicar à vítima de abuso sexual como você pretende ajudá-la, para que não seja surpreendida com as ações dos órgãos competentes e não se sinta traída. Permita que ela participe das decisões quanto aos próximos passos e esclareça as implicações de cada um deles, sempre que a faixa etária e as condições psicológicas permitirem.

Para saber mais:

BRASIL. Guia escolar: identificação de sinais de abuso e exploração sexual de crianças e adolescentes. Seropédica, RJ: EDUR, 2011. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000016936.pdf>>.

TEXTO 4- COMO ABORDAR A CRIANÇA OU ADOLESCENTE?

Este texto é uma adaptação de fragmentos contidos no “Guia Escolar: Identificação de sinais de abuso e exploração sexual de crianças e adolescentes”, publicado em 2011 numa parceria entre a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e o Ministério da Educação. O Guia busca estimular um processo de reflexão crítica em relação aos próprios comportamentos, atitudes e modelos, visando instrumentalizar os professores para a ação.

A abordagem é essencial para quebrar o “muro do silêncio”. O testemunho da criança ou adolescente é de fundamental importância como prova da violação sexual. Devido ao desconforto, ao medo e à vergonha, muitas vítimas não querem falar sobre o ocorrido. Pela proximidade que tem com os estudantes, o educador pode contribuir para que crianças e adolescentes sexualmente abusados manifestem o desejo de falar, devendo abordá-los antes de realizar a notificação. Todavia, para isso, é preciso estar preparado. Lembre-se de que o objetivo da conversa não é avaliar se houve ou não abuso sexual, muito menos investigar sua ocorrência. A abordagem deve ser feita no sentido de criar um ambiente favorável para que a criança ou o adolescente adquira coragem para comunicar a situação de abuso.

Caso o educador não se sinta preparado para conduzir a conversa, pode pedir ajuda às organizações que desenvolvem trabalhos de proteção a crianças e adolescentes. Abaixo, enumeramos algumas recomendações feitas por entidades com vasta experiência em ajudar crianças e adolescentes sexualmente abusados. Procure um ambiente apropriado para ter a conversa, ou seja, um local tranquilo e seguro. Um detalhe importante: deve-se ouvir a criança ou o adolescente individualmente. É fundamental respeitar sua privacidade. Ouça a criança ou o adolescente atenta e exclusivamente. Não permita interrupções; caso contrário, há risco de fragmentar todo o processo de descontração e confiança adquiridas. Se for necessário, converse primeiro sobre assuntos diversos, mais neutros, e não ofereça nenhum tipo de “prêmio” pela conversa (por exemplo: “assim que terminarmos essa parte da conversa lhe trago algo para beber”).

Leve a sério tudo o que ouvir da criança ou do adolescente. A violência sexual é um fenômeno que envolve sentimentos como medo, culpa e vergonha. É importante não criticar,

nem duvidar de que esteja falando a verdade. Por outro lado, a vítima se sentirá encorajada a falar sobre o assunto caso perceba o interesse do educador pelo seu relato. Não utilize expressões como “Faça de conta que...”, “Imagine que...”, ou outras palavras que possam sugerir fantasias e jogos. Comporte-se de maneira calma, pois reações extremas podem aumentar a sensação de culpa. Evite palavras que possam deixar crianças e adolescentes sexualmente abusados nervosos ou na defensiva. Também evite rodeios que demonstrem insegurança de sua parte. Evite que sua ansiedade ou curiosidade o leve a pressionar a criança ou adolescente para obter informações.

Procure não perguntar diretamente pelos detalhes da violência sofrida, nem fazer a criança ou o adolescente repetir sua história várias vezes. Isso pode perturbar a criança ou o adolescente e aumentar sua dificuldade de relatar o fato. Faça o mínimo de perguntas possível e não conduza o relato da criança ou o adolescente, pois perguntas sugestivas podem invalidar o testemunho. Deixe que se expresse com suas próprias palavras e respeite seu ritmo. Existem algumas perguntas que devem ser evitadas, tais como as questões fechadas do tipo “sim” e “não”, perguntas inquisitórias e aquelas que colocam a criança ou o adolescente como sujeito ativo, reforçando seu sentimento de culpa ou sugerindo como deveria estar se sentindo.

Evite frases como “Sei que isto deve ser muito difícil para você” e não peça que a criança ou adolescente informe com precisão a(s) ocasião(ões) em que houve a violência, associando-a(s) a eventos comemorativos, como Natal, Páscoa, férias, aniversários, entre outros. Evite justificativas e explicações muito precisas, pois pode parecer que você está responsabilizando a criança ou o adolescente se fizer perguntas como: “O que você sentiu?”, “Você gostava do que a pessoa lhe fazia?”, “Por que não buscou ajuda antes?”, “Por que não contou para a sua mãe naquela mesma noite?”, “Por que essa pessoa lhe fazia essas coisas?”, “Você procurava ficar com ela?”, “Por que você não contou este fato antes?”, “Por que somente agora está contando?”, “Por que você acha que ele (a) lhe fazia isso?”.

Se a vítima de abuso sexual de repente, no meio da conversa, se sentir envergonhada e com medo, o educador deve registrar esses sentimentos, porém sem fazer outros comentários. Uma sugestão do que dizer: “Fale apenas o que você sentir vontade”. Olhe para a criança ou o adolescente, mas não o tempo todo, e tenha paciência com as pausas que surgirem durante a conversa. Às vezes, breves desvios de olhar podem ajudar a criança ou o adolescente sexualmente abusado a continuar falando. Procure relaxar (usando técnicas de respiração, por exemplo) antes de prosseguir.

Evite chamar desnecessariamente a atenção da criança ou o adolescente no decorrer da entrevista com relação a seu comportamento utilizando expressões como “Não estou

escutando nada do que você está falando. Olhe para mim e fale”. Em vez disso, diga: “Estou com dificuldades de ouvir você. Creio que escutaria melhor se você olhasse para mim quando fala”. Não corrija comportamentos produzidos pelo nervosismo ou por evasão, se isso não prejudicar a conversa. Caso tenha dificuldade em ouvir, é melhor pedir para repetir do que tentar adivinhar ou interpretar o que foi dito, como “Você disse que...”. Lembre-se de que crianças são ensinadas a aceitar as interpretações dos adultos. Evite fazer suposições sobre quem possa ser a pessoa responsável pelo abuso sexual. Da mesma forma, quando isso for mencionado, evite expressar qualquer desaprovação, uma vez que a criança ou o adolescente pode gostar da pessoa e querer protegê-la, apesar da ocorrência do abuso.

Utilize linguagem simples e clara para que a criança ou o adolescente entenda o que está sendo dito. Use as mesmas palavras empregadas pela criança ou pelo adolescente para identificar as diferentes partes do corpo, pois se a vítima perceber que você está relutando em empregar certas palavras, também poderá evitar usá-las. Confirme com a criança ou o adolescente se você está, de fato, compreendendo o que lhe está sendo relatando. Jamais desconsidere seus sentimentos com frases do tipo: “Isso não foi nada”, “Não precisa chorar”, pois, ao falar sobre o assunto, crianças e adolescentes sexualmente abusados revivem sentimentos de dor, raiva, culpa e medo.

Proteja crianças e adolescentes vítimas de abuso sexual e reitere que não têm responsabilidade pelo que ocorreu. É comum a vítima sentir-se culpada por tudo o que está acontecendo. Seu relato deve ser levado a sério, já que é raro uma criança ou um adolescente mentir sobre essas questões. Diga-lhe que, ao contar, agiu corretamente. Lembre-se de que crianças ou adolescentes precisam ter coragem e determinação para contar a um adulto que sofreram ou estão sofrendo algum tipo de violência. As crianças e adolescentes sexualmente abusados podem temer ameaças contra si ou contra membros de sua família, ou ainda de serem levados para longe do lar. Evite expressar apoio e solidariedade por meio de contato físico, o que só deve ocorrer quando a criança ou o adolescente assim o permitir. O contato físico pode confundir a vítima sobre a natureza da aproximação. Tomado o devido cuidado para que o gesto não seja interpretado como aproximação sexual, um abraço, ou um afago na cabeça, pode ser fortalecedor de vínculos, principalmente por transmitir a ideia de segurança e quebrar a ansiedade.

Não trate crianças e adolescentes sexualmente abusados como “coitadinhos”. Eles precisam de carinho, dignidade e respeito. Anote tudo o que foi dito, pois as informações poderão ser utilizadas em procedimentos legais posteriores. Também é importante incluir detalhes do comportamento da criança ou do adolescente ao relembrar o que aconteceu, pois

isso poderá indicar como estava se sentindo. No relatório, devem constar declarações fiéis do que foi dito, não cabendo o registro de sua impressão pessoal. Por ter caráter confidencial, essa situação deverá ser relatada somente às pessoas que precisam ser informadas para agir e apoiar a criança ou o adolescente. A confiança de crianças e adolescentes sexualmente abusados aumenta o peso da responsabilidade sobre os professores, especialmente se desejam que o abuso seja mantido em segredo. Explique que, se estiver ocorrendo situação de violência, você terá de contar isso a outras pessoas para que seja possível protegê-los.

É essencial não fazer promessas que não possa cumprir, como garantir guardar segredo antes de saber o que vai ser revelado. Não diga coisas como “Não se preocupe, pois tudo ficará bem com você”. Esteja atento à realidade de seu estudante e à sua própria realidade. Como já dissemos, ao ouvir o relato de violência sexual, ou ao perguntar à criança ou ao adolescente sobre uma lesão física, é importante facilitar a conversa. A vítima de abuso sexual poderá se sentir confusa, deprimida, culpada ou assustada e vai ficar muito aliviada ao contar a alguém o que está acontecendo. Assim, você precisa permitir que ela conte a história livremente. Explique à vítima de abuso sexual o que acontecerá em seguida, como você procederá, sempre ressaltando que ela estará protegida.

Atenção: Proteger a identidade de crianças e adolescentes sexualmente abusados deve ser um compromisso ético-profissional do educador. As informações referentes à vítima só deverão ser compartilhadas com as pessoas que poderão ajudá-la. Mesmo assim, use codinomes e mantenha o nome real da vítima restrito ao menor número possível de pessoas.

Para saber mais:

BRASIL. Guia escolar: identificação de sinais de abuso e exploração sexual de crianças e adolescentes. Seropédica, RJ: EDUR, 2011. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000016936.pdf>>

TEXTO 5- COMO PROCEDER COM AS NOTIFICAÇÕES E PARA ONDE ENCAMINHÁ-LAS?

Este texto é uma adaptação de fragmentos contidos no “Guia Escolar: Identificação de sinais de abuso e exploração sexual de crianças e adolescentes”, publicado em 2011 numa parceria entre a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e o Ministério da Educação. O

Guia busca estimular um processo de reflexão crítica em relação aos próprios comportamentos, atitudes e modelos, visando instrumentalizar os professores para a ação.

O encaminhamento imediato de crianças e adolescentes vítimas de abuso ou exploração sexual para atendimentos médicos, psicossocial e jurídico é uma forma de prevenção terciária, pois pode evitar que esses episódios tenham consequências mais graves ou continuem a ocorrer. Nos casos de abuso sexual, o encaminhamento imediato de crianças e adolescentes aos serviços educacionais, médicos, psicológicos e jurídico-sociais, bem como as ações de responsabilização e de assistência ao autor de violência sexual contribuem, de um lado, para que o abuso tenha consequências médicas e psicológicas menos danosas e, de outro, para que o ciclo de impunidade se interrompa.

As notificações poderão ser encaminhadas aos órgãos competentes de quatro maneiras: por telefone, por escrito, em visita a um órgão competente, ou por solicitação da própria escola.

Por telefone – O denunciante pode ligar diretamente para os Conselhos Tutelares e as delegacias de polícia. Verifique se a sua cidade possui uma delegacia especializada na proteção de crianças e adolescentes. Em caso positivo, procure diretamente esse tipo de delegacia. Outra opção é realizar a notificação por meio de serviços como o SOS Criança (veja o número de telefone de seu estado ou cidade) ou o Disque-Denúncia (Disque 100).

Por escrito – Em alguns estados e municípios, já existe uma ficha padronizada de notificação de abuso sexual e maus-tratos. Caso não haja esse tipo de formulário disponível em sua cidade, recomenda-se fazer um relatório.

Por meio de visita ao órgão competente – O denunciante poderá ir sozinho ou acompanhado da criança ou do adolescente sexualmente abusado ao órgão responsável pelo registro e apuração do fato ocorrido. Se for ao Conselho Tutelar, o denunciante será ouvido e assinará a notificação. Se for a uma delegacia de polícia, será ouvido e assinará o Boletim de Ocorrência (BO).

Por solicitação de atendimento na própria escola – Caso o educador ou a direção da escola não possa ir ao órgão competente para efetivar a notificação de suspeita ou ocorrência de abuso, poderá requerer atendimento do órgão na própria instituição. Lembre-se de que a denúncia pode ser realizada de forma declarada ou sigilosa. Muitos educadores preferem notificar a ocorrência de abuso sexual e não ter sua identidade revelada. Porém, o ideal é que a direção da escola assuma conjuntamente a notificação por escrito ou visite o órgão responsável, de preferência acompanhada de membros da família que não cometeram abuso sexual, que possam dar seguimento tanto à denúncia quanto ao encaminhamento da criança ou

adolescente aos serviços educacional, médico e psicológico, quando esses se fizerem necessários.

Qualquer que seja a opção, substanciar a denúncia é muito importante pelas seguintes razões: uma boa descrição do caso contribuirá para que o órgão competente agilize seu papel e evitará solicitar ao educador que complemente as informações. A descrição bem feita do caso pode evitar que os órgãos competentes demandem que a criança ou adolescente fale novamente sobre a situação de violência, aumentando ainda mais o seu sofrimento. De modo geral, é preferível dirigir-se em primeiro lugar ao Conselho Tutelar mais próximo de sua moradia, a uma delegacia especializada ou a algum serviço público do tipo SOS Criança. Esses três órgãos normalmente têm profissionais mais experientes para lidar com as situações de violência sexual.

Se a direção da escola não quiser assumir a denúncia, o que o professor pode fazer?

Mais uma vez, é importante frisar que o educador que ouvir um relato de violência sexual ou suspeitar de sua ocorrência deve procurar ajuda. Conviver com crianças e adolescentes que vivem situações de violência pode ser angustiante e, ademais, ajudá-los pode ser difícil sem o apoio da equipe de trabalho. Por isso, é preferível que a direção da escola assuma a tarefa de notificação. Porém, se houver omissão ou recusa por parte da direção da escola em fazer a notificação, é bom lembrar que esta é obrigatória e que a responsabilidade do profissional de educação é intransferível e pode ser cobrada legalmente.

Como o educador deve proceder com a família? Quando e como contatá-la?

É aconselhável que a escola procure imediatamente a família. Como um princípio geral, é importante ser aberto e honesto, ao conversar com os pais. Os pais têm responsabilidades básicas na educação de seus filhos e, salvo algumas exceções, devem ser informados o mais breve possível sobre as preocupações relativas a eles. O educador deve explicar claramente que a família se beneficiará de ajuda competente. Além do mais, a família também precisa acompanhar os desdobramentos da notificação. Porém, considerando a possibilidade de o autor do abuso ser alguém próximo da criança ou do adolescente, pode haver circunstâncias em que não será apropriado informar imediatamente aos pais, por ser prejudicial para a investigação. Se a criança ou adolescente estiver sofrendo violência sexual de alguém próximo, a família poderá não apoiá-los, aumentando ainda mais os riscos que a vítima corre.

Caso o educador decida contatar os familiares, deve procurar fazer isso de modo estratégico: por exemplo, entrando em contato com membros que não cometeram abuso sexual, de preferência com o consentimento ou a indicação da criança ou do adolescente.

Caso o educador perceba um ambiente favorável, a orientação educativa será fundamental, evitando-se julgamentos e atribuições de culpa (o que não quer dizer que ele deva aceitar a situação). O autor do abuso sexual também precisa ser alvo de atenção e ajuda. É importante orientar os familiares, explicando em linguagem apropriada as graves consequências dos maus-tratos e do abuso sexual para o crescimento e o desenvolvimento saudável de crianças e adolescentes, bem como o importante papel que eles terão na mudança da situação. Entretanto, se os familiares não quiserem ou não puderem assumir a responsabilidade pela notificação, o educador deverá informá-los que, por força da lei, ele próprio terá de notificar o fato aos órgãos competentes.

Para saber mais:

BRASIL. Guia escolar: identificação de sinais de abuso e exploração sexual de crianças e adolescentes. Seropédica, RJ: EDUR, 2011. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000016936.pdf>>

REFERÊNCIAS

AVALANCHE MISSÕES. **Escola de Sexualidade**. Disponível em: <<http://avalanchemissoes.org/quemsomos>>. Acesso em 05 de fevereiro de 2019.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 5. ed. Lisboa: edições 70, 2009.

BOBBIO, N. **Era dos direitos**. Rio de Janeiro: Campus, 1988.

BRASIL. **Estatuto da Criança e do Adolescente- ECA**. Lei n. 8.069. Brasília: Diário Oficial da União: 16 de julho de 1990.

_____. **Guia escolar: identificação de sinais de abuso e exploração sexual de crianças e adolescentes**. Seropédica, RJ: EDUR, 2011. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000016936.pdf>>. Acesso em: 26 de maio de 2018.

_____. Ministério dos Direitos Humanos. **Crianças e adolescentes**. Disponível em <<http://www.mdh.gov.br/assuntos/criancas-e-adolescentes>>. Acesso em 06 de novembro de 2018.

CLAVES BRASIL. **Claves Brasil**. Disponível em: <<http://www.clavesbrasil.org>>. Acesso em 27 de novembro de 2018.

COMPARATO, F. K. **A afirmação histórica dos Direitos Humanos**. 3 ed. rev.e ampl. São Paulo: Saraiva, 2003.

Escola Nacional de Administração Pública (ENAP). **Educação em Direitos Humanos- curso on line**. Disponível em: <<https://www.escolavirtual.gov.br/curso/129>>. Acesso em 30 de setembro de 2018.

FERREIRA, S. **Imaginação e linguagem no desenho da criança**. Campinas: Papirus, 2001.

LUQUET, G. H. **O desenho infantil**. Porto: Editora do Minho, 1969.

OLIVEIRA, R. D. V. L. **A formação de professores de ciências em uma perspectiva de educação em direitos humanos.** Tese de Doutorado. Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://dippg.cefet-rj.br/ppcte/index.php/pt/teses-e-dissertacoes>>. Acesso em: 23 de junho de 2018.

PILLAR, A. D. **Desenho e escrita como sistemas de representação.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

PILLOTTO, S. S. D.; SILVA, M. K.; MOGNOL, L. T. Grafismo infantil: linguagem do desenho. **Revista Linhas**, v. 5, n. 2, 2004. Disponível em: <<http://www.revistas.udesc.br/index.php/linhas/article/view/1219>>. Acesso em: 05 de outubro de 2019

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente.** 2a ed. brasileira. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

WEYNE, B. C. Dignidade da pessoa humana na filosofia moral de Kant. **Revista Jus Navigandi**, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 13, n. 1775, 2008. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/11254>>. Acesso em: 02 de setembro de 2018.

ANEXO- Certificados relevantes para a pesquisa (formação continuada)**Certificado: Curso Educação em Direitos Humanos****Enap** Escola Nacional de Administração Pública**CERTIFICADO**

A Escola Nacional de Administração Pública (Enap), em parceria com a Secretaria Nacional de Cidadania do Ministério dos Direitos Humanos (SNC/MDH), certifica que **RAYANA MACHADO VICENTE DOS SANTOS CRUZ**, nascido(a) em 23 de setembro de 1991, CPF 126.412.087-76, concluiu o curso Educação em Direitos Humanos (Turma AGO/2018), disponível no período de 18/08/2018 a 15/09/2018, com carga-horária de 30 horas.

Francisco Gaetani
Presidente - Escola Nacional de Administração Pública



MINISTÉRIO DOS DIREITOS HUMANOS GOVERNO FEDERAL

HISTÓRICO DO PARTICIPANTE

Nome: Rayana Machado Vicente dos Santos Cruz	CPF: 126.412.087-76	Data de Nascimento: 23/09/1991	País de Origem: Brasil
Curso: Educação em Direitos Humanos	Período: 18/08/2018 a 15/09/2018	Carga Horária: 30 horas	Nota Final: 90.2

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- | | |
|--|--|
| <p>1 O que são Direitos Humanos</p> <p>1.1 Princípios e História dos Direitos Humanos</p> <p>1.2 O Direito à Educação e a Educação em Direitos Humanos</p> <p>1.3 Educação para Direitos Humanos no Brasil</p> <p>1.4 Educação em Direitos Humanos</p> | <p>2 Os Aspectos Históricos da Educação em Direitos Humanos</p> <p>2.1 Documentos de Referência</p> <p>2.2 Tratados Internacionais</p> <p>2.3 Promoção dos Direitos Humanos no Brasil</p> <p>2.4 O Programa Nacional de Direitos Humanos</p> <p>2.5 Plano Nacional de Educação em Direitos Humanos</p> <p>3 A Educação em Direitos Humanos nos Dias de Hoje</p> <p>3.1 Quem Faz e Onde Acontece?</p> <p>3.2 Abrangência da Educação em Direitos Humanos</p> <p>3.3 Educação em Direitos Humanos na Diversidade</p> |
|--|--|



Certificado registrado na Escola Virtual Enap sob código ufT02506711KEm, em 02/09/2018 às 22:09 horas.

O presente certificado pode ter a sua validade comprovada acessando o QRCode à esquerda, ou, caso desejar, informando código acima na página da [EVG](#), opção "Validação de Documentos".

A data de emissão pode ser anterior à data final do curso nos casos em que o participante alcançou os requisitos mínimos para aprovação antecipadamente.



Certificado: Curso Sexualidade

Declaração: Curso A origem da vida



DECLARAÇÃO

A Fundação Centro de Ciências e Educação Superior a Distância do estado do Rio de Janeiro declara que **Rayana Machado Vicente dos Santos Cruz** concluiu o curso MOOC **Origem da Vida** sob a responsabilidade do professor Daniel Fábio Salvador, com carga horária de 30h, e a seguinte ementa:

- Introdução as questões científicas sobre a Origem da vida. Ensino de origem da vida na Educação Básica. Diferenças entre ciência e religião. História do pensamento científico. Origem do universo. Origem da Terra. Origem da vida. Relação entre os processos genéticos e a diversidade de genes e espécies. História da Teoria Celular. Estratégias de ensino-aprendizagem sobre origem da vida na educação básica.

Rio de Janeiro, 19 de julho de 2018.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Elizabeth Bastos'.

Elizabeth Bastos
Diretora de Extensão