CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

ESTUDOS HISTÓRICOS DE PRÁTICAS CIENTÍFICAS EM AULAS DE FÍSICA A PARTIR DA LEITURA E ESCRITA DE NARRATIVAS: CONSTRUINDO ESTRATÉGIAS A PARTIR DE UMA DESIGN BASED RESEARCH

Hermann Schiffer Fernandes

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciência, Tecnologia e Educação.

Orientadora:
Andreia Guerra de Moraes

Rio de Janeiro
Julho de 2019

ESTUDOS HISTÓRICOS DE PRÁTICAS CIENTÍFICAS EM AULAS DE FÍSICA A PARTIR DA LEITURA E ESCRITA DE NARRATIVAS: CONSTRUINDO ESTRATÉGIAS A PARTIR DE UMA DESIGN BASED RESEARCH

Pesquisa de Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciência, Tecnologia e Educação.

Hermann Schiffer Fernandes

Banca examinadora:

_____

Presidente, Professora/Dra. Andreia Guerra de Moraes (CEFET/RJ) (orientadora)

_____

Professor/Dr. Sérgio Eduardo Silva Duarte (CEFET/RJ).

_____

Professora/Dra. Giselle Faur de Castro Catarino (UERJ/ CEFET/RJ).

_____

Professor/Dr. Ivã Gurgel (USP).

_____

Professora/Dra. Fabiana Botelho Kneubil (Instituto Educacional Futuro da Ciência).

Rio de Janeiro
Julho de 2019

CEFET/RJ – Sistema de Bibliotecas / Biblioteca Central

F363 Fernandes, Hermann Schiffer
Estudos históricos de práticas científicas em aulas de física a partir da leitura e escrita de narrativas : construindo estratégias a partir de uma *design based research* / Hermann Schiffer Fernandes.—2019.
244f. : il. (algumas color.) , tabs. ; enc.

Tese (Doutorado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2019.
Bibliografia : f. 237-244
Orientadora : Andreia Guerra de Moraes

1. Ciência - História. 2. Física - Estudo e ensino. 3. Pesquisa qualitativa. 4. Ciência, tecnologia e sociedade. I. Oliveira, Gabriel M. S. de. II. Moraes, Luiza (Orient.). III. Título.

CDD 507

Elaborada pela bibliotecária Mariana Oliveira CRB-7/5929

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)

Essa pesquisa é fruto de múltiplas mãos e vozes.
Agradeço à minha família, causa direta da pessoa que me tornei e continuo me tornando. Sem ela(e)s, nada sou.
Agradeço aos meus amigos, que desconhecem o impacto que tiveram em minha vida e em meu trabalho, a partir de tantas trocas e um apoio constante.
Um agradecimento especial deve ser feito ao meu grupo de pesquisa NIEHCC e à minha orientadora. Só eles sabem o que passamos nesses quatro anos, academicamente, politicamente, emocionalmente. Impossível descrever em palavras, mas que estará marcado na memória para sempre. Sem ele(a)s, nada -1 sou.

À minha orientadora, também deixo uma frase separada. Indescritível seu papel na minha pesquisa e na minha vida. Sem ela, nada $-\infty$ sou.

RESUMO

ESTUDOS HISTÓRICOS DE PRÁTICAS CIENTÍFICAS EM AULAS DE FÍSICA A PARTIR DA LEITURA E ESCRITA DE NARRATIVAS: CONSTRUINDO ESTRATÉGIAS A PARTIR DE UMA DESIGN BASED RESEARCH

Hermann Schiffer Fernandes

Orientadora:
Andreia Guerra de Moraes

Pesquisadores vêm defendendo a necessidade de desenvolvermos um ensino de ciências que promova reflexões sobre como a ciência é produzida e possibilite atividades pedagógicas com o objetivo de que estudantes se tornem cidadãos aptos a se posicionarem criticamente sobre a influência que a ciência tem em nossas vidas, no âmbito público e privado. Um caminho para cumprir esse objetivo é a inspiração na História Cultural da Ciência (HCC) para desenvolver ações pedagógicas que problematizem o fazer científico. Através de estudos sobre as práticas científicas é possível problematizarmos a ciência e seu papel na história humana, como um conhecimento indissociável do seu contexto sociocultural de produção. A escolha por esse aporte também é uma escolha política, pois através do estudo das práticas científicas é possível resgatarmos atores antes desconsiderados na História da Ciência, tanto quanto outros espaços de produção de conhecimento científico, além do laboratório, e, assim, destacando o caráter social do empreendimento científico. Considerando o contexto escolar, entendemos que não é trivial utilizar esse aporte no ensino de ciências e buscamos construir estratégias que possibilitem e potencializem essa escolha. Encontramos na leitura e na escrita de Narrativas Históricas um caminho para desenvolver estudos históricos e contextuais, onde haja reflexões sobre as práticas científicas realizadas em determinados recortes históricos. A escolha pelo gênero narrativo foi devida ao seu potencial de gerar interesse nos estudantes, potencializando um envolvimento cognitivo e afetivo com o tema de estudo. Assim, foi construída uma pesquisa utilizando a metodologia da Design Based Research (DBR), inspirada no aporte da HCC e na leitura e escrita de narrativas, para ser realizada durante três anos com estudantes de uma escola técnica na cidade do Rio de Janeiro. Tivemos como pergunta de pesquisa: que estratégias relacionadas à leitura e escrita de NHs em aulas de Física, com aporte histórico-cultural, potencializam discussões sobre práticas científicas? Serão apresentados os resultados de cada ano da DBR. Nossos resultados finais apontam que as atividades de leitura e de escrita de narrativas não são triviais de serem aplicadas no ensino de física e devem contar com certas atividades complementares, com a participação ativa do professor na orientação e no suporte aos estudantes e com estímulos para que os estudantes desenvolvam um interesse sobre os temas de estudo e participem de atividades onde há discussões e reflexões sobre práticas científicas.

Palavras-chave:
Narrativas Históricas; História Cultural da Ciência; Design Based Research; Pesquisa qualitativa; Ensino de Física

Rio de Janeiro
Julho de 2019

ABSTRACT

HISTORICAL STUDIES OF SCIENTIFIC PRACTICES IN PHYSICS CLASSES FROM READING AND WRITING OF NARRATIVES: DEVELOPING STRATEGIES FROM A DESIGN BASED RESEARCH

Hermann Schiffer Fernandes

Advisor:
Andreia Guerra de Moraes

Researchers have been advocating for the need to develop a science education that promotes reflections on how science is produced and enables pedagogical activities with the objective to turn students into citizens capable to position themselves critically on the influence that science has on our lives, on the public and private sphere. We find in the Cultural History of Science (CHS) an inspiration to develop pedagogical actions that problematize the scientific enterprise. Through studies on scientific practices it is possible to problematize science and its role in human history as a knowledge inseparable from its sociocultural context of production. Our motives here are pedagogical but also political, because through the study of scientific practices it is possible to rescue actors previously disregarded in the History of Science, as well as other spaces of production of scientific knowledge, besides the laboratory, and thus highlighting the social character of the scientific enterprise. Considering the school's context, we understand that it is not trivial to use this contribution in science education and we aimed to build strategies to enable and potentialize the use of CHS in physics classes. We find in the reading and writing of Historical Narratives a way to develop historical and contextual studies, where there are reflections on the scientific practices carried out in certain historical episodes. The choice for the narrative genre was due to its potential to generate interest in students, enhancing a cognitive and affective involvement with the study's topic. Thus, a research was constructed using the Design Based Research (DBR) methodology, inspired by the HCC and the reading and writing of narratives, to be realized during three years with students of a technical school in the city of Rio de Janeiro. We had as a research question: what strategies related to the reading and writing of NHs in classes of Physics, with historical-cultural contribution, potentiate discussions about scientific practices? After each year we share our research's results. Our final results point out that the activities of reading and writing of narratives are not trivial to be applied in physics teaching and must count on certain complementary activities, with the active participation of the teacher in the orientation and the support to the students and with stimuli so that the students to develop an interest in the subjects of study and participate in activities where there are discussions and reflections on scientific practices.

Keywords:
Historical Narratives; Cultural History of Science; Design Based Research; Qualitative research; Physics Education

Rio de Janeiro
July of 2019

Lista de Figuras e Ilustrações

FIG. 1: Ordem das Atividades da TLS de 2013 67

FIG. 2: Exemplos de slides utilizados em sala de aula 68

FIG. 3: Esquema de aulas da TLS 2015 95

FIG. 4: 1° Slide adicionado: Os jardins botânicos como locais de produção de conhecimento 124

FIG. 5: 2° Slide adicionado: Datas importantes para a Royal Society de Londres 124

FIG. 6: 3° Slide adicionado: Reuniões da Royal Society 126

FIG. 7: 4° Slide adicionado: Reuniões da Acadèmie des Sciences 127

FIG. 8: 5° Slide adicionado: Acervo instrumental e experimental da Academia de Ciências de Paris 128

FIG. 9: 6° Slide adicionado: Esquema com atores participantes na República das Letras 129

FIG. 10: 7° Slide adicionado: Linhas representando a troca de cartas realizadas por Voltaire durante sua vida (cartas que puderam ser identificadas) 129

FIG. 11: Esquema de aulas da TLS 2016 134

SUMÁRIO

Introdução **11**

1– A História Cultural da Ciência 18

1.1 – O surgimento da HCC 18

1.2 – Práticas científicas como objeto de pesquisa 20

1.3 – HCC no Ensino de Ciências 23

2– A leitura e a escrita de narrativas no Ensino de Ciências 26

2.1 – O ler e escrever no Ensino de Ciências 26

2.2 – O gênero narrativo 28

2.3 – O potencial pedagógico de Narrativas Históricas 35

2.4 – Práticas científicas na Narrativa Histórica 38

2.5 – A construção da Narrativa Histórica 41

3– Metodologia de Pesquisa 52

3.1 – A Design-Based Research 52

3.2 – A escolha da DBR e o professor-pesquisador 55

3.3 – As etapas de uma DBR 57

4– A Design Based Research em 2013 e 2015 60

4.1. – O ano de 2013 - Construção e aplicação 63

4.1.1 – Resultados de 2013: caminhos para a TLS em 2015 70

4.2 – Contextualizando a pesquisa 76

4.3 – O primeiro ano da TLS (2015) 82

4.3.1 – A Seleção do tema e os princípios de design 82

4.3.2 – Design 84

4.3.3 – Implementação 93

4.3.3 Avaliação 100

4.3.4 – Re-design (2015 para 2016) 107

5– A Design Based Research em 2016 111

5.1 – A Seleção do tema e os princípios de design 111

5.2 – Design 116

5.3 - Implementação 132

5.4 – Avaliação 142

5.5 – Re-design 174

6– A Design Based Research em 2018 178

6.1 - A Seleção do tema e os princípios de design 178

6.2 – Design 181

6.3 – Implementação 185

6.4 – Avaliação 187

6.4.1 – NHE 2 – *A construção do conhecimento científico aplicado à vida e trabalho de Rosalind Franklin* 205

6.4.2 – NHE 5 – *Uma Narrativa histórica sobre Lise Meitner* 210

6.4.3 – NHE 6 – *Uma Vida Além do Tempo* 215

6.5 – Re-design 224

7- Reflexões finais 227

Referências 236

Apêndice I – Parte 1 da Narrativa Histórica e Questões (ano 2015) 244

Apêndice II – Parte 2 da Narrativa Histórica e Questões (ano 2015) 245

Apêndice III – Parte 3 da Narrativa Histórica e Questões (ano 2015) 247

Apêndice IV – *Roteiro* para a NHE (Ano 2015) 250

Apêndice V – Resumos e Comentários sobre as NHEs de 2015 253

Apêndice VI – Formulário de avaliação do processo de produção da NHE (2016) 259

Apêndice VII – *Roteiro* para a NHE (Ano 2016) 260

Apêndice VIII – NHE 2: A construção do conhecimento científico aplicado à vida e trabalho de Rosalind Franklin 263

Apêndice IX – NHE 5: Narrativa histórica sobre Lise Meitner 272
Apêndice X – NHE 6: Uma Vida Além do Tempo 280

Introdução

Essa tese faz parte de um processo originado na pesquisa de mestrado desenvolvida no programa de Ciência, Tecnologia e Educação do CEFET/RJ (SCHIFFER, 2013) e é inspirada por pesquisas teóricas e empíricas realizadas desde então. Apesar de não descrevermos a pesquisa do mestrado propriamente dita, algumas considerações e reflexões, que surgiram a partir desse processo, foram vitais para o planejamento da tese. O uso da leitura de narrativas escritas a partir de um estudo histórico e científico, daqui em diante denominado Narrativa Histórica (NH), foi analisado na pesquisa de mestrado como uma estratégia pedagógica visando o desenvolvimento de abordagens histórico-filosóficas em aulas de Ciências.

Na dissertação, defendida em 2012, o uso de NHs teve como um dos principais motivadores as características literárias da ferramenta. Foram explorados, na pesquisa de mestrado, dois pontos: o trabalho em sala de aula pautado em um gênero textual não comum aos livros didáticos das ciências, as NHs, e o fato da linguagem narrativa ser mais acessível aos estudantes. Os resultados dessa pesquisa apontaram que as NHs se mostraram como potencializadoras do trabalho histórico-filosófico e motivadoras de discussões em sala de aula sobre como o conhecimento científico é produzido.

Chamamos a atenção para o "é produzido", pois nossos referenciais centravam-se em pesquisas, na sua maior parte, internacionais que defendiam o ensino da Natureza da Ciência (NdC), através da "lista consensual"[1], que foi construída a partir do consenso entre alguns filósofos, sociólogos, psicólogos e historiadores da ciência. Essa linha de pesquisa, que ainda apresenta grande impacto na literatura da área da pesquisa em Ensino de Ciências, baseia-se na concepção que todas as áreas que são comumente classificadas de Ciência apresentam características em comum, funcionam e são construídas a partir de alguns critérios, valores e estruturas comuns. Dessa forma, autores que trabalham dentre dessa proposta defendem que é possível enumerar afirmativas (chamados de *tenets*) sobre a produção do conhecimento científico, que, por

[1] MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. Science & Education, v. 17, n. 2-3, p. 249-263, 2008.

simplificarem a discussão sobre a ciência sem trazer visões equivocadas, possuem valor pedagógico para o ensino.

Para a dissertação, foram construídas três NHs, através das quais buscamos debater aspectos da NdC, inspirados pela lista consensual. Apesar dos resultados, como destacamos, apontarem para o potencial da NH como ferramenta pedagógica capaz de levantar debates em sala e promover reflexões sobre aqueles aspectos da NdC, alguns resultados indicaram questões a serem aprofundadas. Alguns desses resultados serão apresentados no Capítulo 2.

Dados da pesquisa de 2013 indicaram que a abordagem histórico-filosófica sofreu um estranhamento por parte dos estudantes. Além disso, apesar dos debates em sala de aula sobre a ciência terem se mostrado profícuos, os estudantes manifestaram, em textos escritos, expressões que indicaram que eles entendiam que a ciência trabalha sob certezas e que os cientistas descobrem e provam teorias. Notamos que, para muitos estudantes, havia uma separação entre o conhecimento científico estudado e as discussões histórico-filosóficas tratadas, de forma que consideravam as discussões histórico-filosóficas acessórios e não algo possível de ser integrado ao Ensino de Física.

Com base nesses resultados, construímos a pesquisa conduzida no doutorado. Durante esse processo, há cerca de cinco anos, nosso grupo de pesquisa, o NIEHCC (Núcleo de Investigação em Ensino, História da Ciência e Cultura) iniciava um projeto de pesquisa com eixo central na linha historiográfica da História Cultural da Ciência e nos estudos sobre a ciência a partir dessa perspectiva.

Autores dessa linha[2] rejeitam concepções universalistas sobre como o conhecimento científico é construído. Esses autores defendem que a ciência não pode ser definida a partir de estruturas rígidas ou de afirmativas universais. Os estudos históricos com foco na HCC cresceram nos últimos vinte anos (MOURA e GUERRA, 2016; BURKE, 2012; DASTON e GALISON, 2007; PIMENTEL, 2010 e 2007) e consideram a ciência como cultura, buscando estudar a complexidade do que chamamos de ciência, a partir de um novo objeto de estudo: as práticas científicas. A partir do olhar histórico para as práticas científicas, não entendidas somente como práticas laboratoriais, é possível reconhecer a diversidade dos elementos que compõe a produção

[2] Burke (2008); Daston e Lundbeck (2011); Daston (2008); Daston e Galison (2007); Galison (1987); Gavroglu (2007); Ginzburg (2017); Jardim e Guerra (2017); Klein (2003); Moura e Guerra (2016); Pestre (1996); Pimentel (2010 e 2007); Videira (2007).

científica, as linguagens utilizadas na ciência e os valores epistemológicos presentes na prática de cientistas (PIMENTEL, 2010 e 2007; DASTON e GALISON, 2007).

A escolha do NIEHCC pelo aporte na HCC não se limitou à busca por leituras historiográficas e filosóficas sobre a ciência e nem deve ser entendida como motivadora a, simplesmente, trazer mais conteúdo para o estudante decorar. Ela compõe um posicionamento político e didático frente ao tipo de prática pedagógica que procuramos desenvolver em sala de aula. Consideramos importante a reflexão sobre a ciência, seus limites e possibilidades, quando encontramos um número crescente de índices, pesquisas e estudos, caracterizados como científicos, que são utilizados para justificar ações a nível privado e público (COLLINS, 2015). Ao mesmo tempo, opiniões ou informações provenientes de instituições científicas são comumente aceitas e pouco questionadas por cidadãos, além de apresentarem um valor de mercado, isto é, são comercializadas.

Entendemos que, dentre algumas das questões que surgem dessa reflexão, a autoridade científica é uma construção histórica, a qual está relacionada a posicionamentos que consideram a ciência universal e ahistórica, que devemos problematizar (MOURA e GUERRA, 2016). Essas questões orientaram a presente pesquisa, no sentido de que reconhecemos o espaço da sala de aula como um local onde essas ideias podem e devem ser problematizadas.

A tese, aqui discutida, buscou construir subsídios para a construção de práticas pedagógicas que entendam a sala de aula como um espaço de problematização da ciência. Nos apoiamos em pesquisas anteriores (MOURA e GUERRA, 2016. Jardim, Guerra, 2017, 2018; MOURA, 2019) para considerar que o aporte da HCC é um possível caminho para trazer questões sobre a ciência para a sala de aula, de forma a construir um posicionamento crítico frente a questões sócio científicas.

Os resultados da pesquisa de mestrado mostraram que promover discussões sobre a ciência nas salas de aula não é algo simples. Assim, consideramos que, junto à vertente historiográfica, é fundamental pensar em estratégias com vistas a potencializar debates sobre a ciência. Na busca dessas estratégias, nossas pesquisas continuam apontando para o potencial das NHs. Com isso a tese desenvolvida procurou caminhos para aprofundar os resultados no que tangem às potencialidades do uso de NHs para

desenvolver abordagens históricas em aulas de ciências, que tenham por aporte historiográfico a HCC.

Dessa forma, a pesquisa da tese mudou de certa forma o foco da pesquisa do mestrado, no sentido que não queremos compreender se o trabalho de sala de aula mudou ou não as concepções dos estudantes sobre a ciência, mas como podemos reformar as aulas de Ciências em espaços de debate sobre a ciência, em que os estudantes se sintam engajados no processo. Com vistas a melhor delimitar o objeto de pesquisa, buscamos nessa pesquisa explorar a seguinte questão:

Que estratégias relacionadas à leitura e escrita de NHs em aulas de Física, com aporte histórico-cultural, potencializam discussões sobre práticas científicas?

A pesquisa foi construída considerando seu contexto de aplicação. Como será descrito na pesquisa, um ano antes do meu ingresso no curso de doutorado, fui concursado como professor de Física do Ensino Médio-Técnico no Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), localizado na cidade do Rio de Janeiro. Assim, analisando o currículo dos cursos da instituição, foram definidas as turmas nas quais a pesquisa seria realizada de acordo com a temática na qual a NH foi construída. A temática foi delimitada em um recorte histórico que levantou questões debatidas no século XVIII entre filósofos naturais sobre questões na área da Mecânica, o que constava no currículo das quatro turmas das quais eu fui professor no ano de 2015.

Com a construção da metodologia de pesquisa, da metodologia de sala de aula e da definição da pergunta de pesquisa, inicialmente realizamos uma pesquisa qualitativa sobre os dados coletados. Entretanto, os escritos dos estudantes, principalmente as NHs por eles produzidas, mostraram-se como dados complexos e, ainda em 2015, entendemos que a pesquisa deveria ser modificada e ampliada. Como o foco da pesquisa não estava na compreensão de possíveis mudanças conceituais dos estudantes, mas em caminhos capazes de tornar as aulas de Ciências espaço de debate sobre a ciência, em que os estudantes se sintam engajados no processo, entendemos que estudar o processo das aulas era mais importante do que analisar os discursos dos estudantes.

Dessa forma, naquele momento entendemos que deveríamos repetir a aplicação da proposta, redesenhando a pesquisa. Após redesenharmos a pesquisa para o ano de

2016, encontramos uma metodologia de pesquisa que entendemos ser adequada para nosso problema de pesquisa e contexto de aplicação. Essa metodologia chama-se Design Based Research (DBR) (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017; ANDERSON e SHATTUCK, 2012; BELL et al., 2004; COLLINS, 1992; BROWN, 1992).

A DBR nos chamou a atenção por possibilitar o desenho e o re-desenho (ou re-design) da pesquisa a cada momento de aplicação. Isto é, ao término de um período de aplicação havia um momento de avaliação dos dados, reflexão e reformulação da pesquisa para ser aplicada novamente num momento seguinte. Além disso, visto que nosso objetivo na pesquisa era avaliar como a sala de aula poderia tornar-se espaço de debate e reflexão em aulas de Física, reconhecemos que enfrentaríamos desafios em diferentes dimensões, como a reação dos estudantes ao serem colocados para debater a ciência e as dificuldades que eles enfrentariam para produzir NHs.

Por isso, a DBR foi entendida como uma estratégia capaz de unir o conhecimento obtido na literatura com a realidade escolar, buscando dar conta de unir o teórico ao prático. A DBR nos possibilitou organizar uma pesquisa a longo prazo, onde eu, como professor, fosse capaz de atuar como um pesquisador.

Desde 2015, a pesquisa foi desenvolvida em conjunto com meu grupo de pesquisa, o NIEHCC. Isso foi mais um elemento que nos direcionou à escolha dessa metodologia, pois autores da área propõe que os realizadores de uma DBR estejam inseridos em um grupo de pesquisa, para possibilitar discussões acerca da multiplicidade de fatores enfrentados ao desenvolver uma Teaching-Learning Sequence (TLS) (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017).

Foram realizadas três aplicações de uma TLS, que sofria modificações a cada ano, nos anos de 2015, 2016 e 2018 com vistas a construir subsídios capazes de conduzir respostas à pergunta de pesquisa. Dessa forma, a metodologia foi conduzida, focando tanto na pergunta principal da pesquisa, quanto nos objetivos específicos da mesma. Os objetivos específicos construídos como auxílio para responder à primeira questão central da pesquisa são:

- *Construir reflexões sobre caminhos capazes de promover espaços de discussão e de manifestação da voz dos estudantes com vistas a promover problematizações sobre a ciência.*

- *Construir uma Narrativa Histórica com potencial de fomentar interesse e curiosidade ao tema de estudo e potencialize o engajamento dos estudantes na escrita das NHs em grupo.*

Diante das questões apresentadas, estruturamos o texto final da tese em sete capítulos. Após a Introdução, no Capítulo 1 é apresentado o referencial teórico da História Cultural da Ciência (HCC). Uma leitura sobre a origem dessa linha historiográfica é realizada e como ela nasce de críticas a uma análise somente epistemológica e estrutural da ciência. Assim, são delineadas as questões a nível pedagógico e político que buscamos explorar ao escolher o aporte da HCC no Ensino de Física.

Em seguida, o Capítulo 2 é iniciado com a defesa da prática do ler e escrever no Ensino de Ciências e como o gênero narrativo vem sido defendido na literatura. Assim, a ferramenta chamada NHs é apresentada e são trazidos argumentos para sustentar que ela pode ser um caminho para se trazer reflexões sobre a ciência através do estudo das práticas científicas, como defendido no Capítulo 1. Dessa forma, são apresentados nossos dois principais referenciais teórico-metodológicos, que inspiraram a realização da pesquisa através da construção de uma sequência de etapas que configuram uma DBR.

No Capítulo 3, a metodologia de pesquisa DBR é apresentada. São trazidos alguns autores da literatura das últimas três décadas, para defendermos a utilização de uma metodologia de pesquisa capaz de lidar com uma pesquisa realizada em diferentes aplicações de uma TLS e com a complexidade do ambiente escolar. As principais características e etapas sugeridas por autores da área são descritos em seguida.

Nos capítulos 4, 5 e 6, serão apresentadas as etapas da DBR referentes à aplicação da TLS em três anos da pesquisa, 2015, 2016 e 2018. Essas etapas são: *seleção do tema, princípios do design, design, implementação, avaliação* e *re-design.* Assim, em cada capítulo, serão destacados nossos objetivos pedagógicos iniciais, a construção e os resultados da aplicação da TLS, a análise desses dados e as mudanças realizadas para a aplicação seguinte da TLS, buscando responder nossa pergunta de pesquisa.

No Capítulo 7, são apresentadas as conclusões da pesquisa, como ela contribui com a literatura em Ensino de Ciências, algumas considerações gerais e os possíveis caminhos para pesquisas que acreditamos que nossa pesquisa possa inspirar.

Alguns dos materiais utilizados na TLS serão apresentados durante o texto da tese, enquanto outros serão destacados como Apêndices, como última seção da tese.

1– A História Cultural da Ciência

Resultados da pesquisa em educação científica apontam ser a História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC) capaz de possibilitar práticas pedagógicas, nas quais não somente um conteúdo é ensinado, mas questões em torno ao processo de construção da ciência são discutidas (SCHIFFER e GUERRA, 2015; MARTINS, 2015; ALVIM e ZANOTELLO, 2014; CLOUGH, 2009). Considerando ser a HFSC um importante caminho para o Ensino de Ciências, é fundamental considerar qual linha historiográfica utilizar nos referenciais epistemológicos e metodológicos escolhidos para serem trabalhados em sala de aula.

Na pesquisa aqui discutida, trabalhamos com o aporte historiográfico da História Cultural da Ciência (HCC) (PIMENTEL, 2010 e 2007; BURKE, 2008; VIDEIRA, 2007; DASTON e GALISON, 2007; GALISON 1987; KLEIN, 2003). Essa vertente historiográfica reconhece que a ciência é permeada por valores construídos historicamente (DASTON e GALISON, 2007), de forma que suas práticas são dinâmicas, historicamente contextualizadas, e, como tal, mudam com o tempo e espaço em que a ciência se desenvolve (MOURA e GUERRA, 2016; ALVIM e ZANOTELLO, 2014).

1.1 – O surgimento da HCC

Estudos destacam que houve significativas mudanças na historiografia nos últimos 40 anos (ALVIM e ZANOTELLO, 2014; MCGUIRE e TUCHANSKA, 2013; PIMENTEL, 2010; BURKE, 2008; VIDEIRA, 2007; PESTRE, 1996). Dentre essas mudanças, há destaque à expansão que a História da Ciência sofreu com o aumento de pesquisas, encontros, material e o novo patamar acadêmico alcançado pelos historiadores da ciência (VIDEIRA, 2007). Como resultado do crescimento dessa linha de pesquisa, ocorreram mudanças na concepção que historiadores da ciência têm de seu objeto de estudo: a ciência.

Para discutir as mudanças sofridas pela área, Videira (2007) destaca que um dos obstáculos da HC se encontra no eurocentrismo, que torna o estudo do surgimento da ciência moderna na Europa no final do século XVI o "centro de gravidade explicativo da história da ciência" (p. 143). Essa visão entende que "a ciência teria uma identidade (ou imagem) bem definida e, ainda que não definitiva, suas modificações aconteceriam de acordo com regras racionais e lógicas, fazendo com que essas transformações pudessem ser compreendidas" (p. 143). Assim, como a ciência europeia se desenvolveria autonomamente, sem manter relações com o mundo exterior, ela se transformou no padrão de conhecimento (VIDEIRA, 2007) e sobre como conhecer (VAN EIJCK e ROTH, 2007), o que é reforçado pela sua pretensão de verdade.

Essa imagem da Ciência também foi acentuada pelas contribuições do que podemos chamar de viés epistemológico na Filosofia da Ciência (MCGUIRE e TUCHANSKA, 2013). No meio do século XX, linhas de pesquisa como a dos empiristas lógicos e dos positivistas lógicos mantiveram uma leitura reducionista e logicista da ciência. Além disso, reforçaram o valor do empirismo, pois mantinham como foco de suas análises a busca critérios de sentido cognitivo, que qualificassem as proposições científicas como mais significativas de acordo com sua evidenciação empírica (MCGUIRE e TUCHANSKA, 2013). Apesar de não negarmos o valor dessa leitura, ela descontextualiza e decompõem a ciência, de tal maneira que a mesma é reduzida "a uma visão pré-concebida do que seja o conhecimento científico e de como se dá o seu desenvolvimento" (MCGUIRE e TUCHANSKA, 2013, p. 152). Isto é, busca-se entender a ciência a partir dela mesma, desligada de seu contexto histórico.

Na contramão dessa visão, surge, no final do século XX, a História Social da Ciência que se consolidou com as "demonstrações" de que o desenvolvimento da ciência não corresponde aos relatos produzidos sobre ele (VIDEIRA, 2007). Ao se afastar do viés puramente epistemológico, o estudo sobre a ciência deixou de entende-la enquanto um corpo ou sistema de proposições ou enunciados que devem ser falsificados por confrontação com a experiência (PESTRE, 1996). Nesse movimento, a utilização de um termo no singular, "Ciência", é questionada, afinal, as particularidades nas regras epistemológicas, sociais, materiais e retóricas específicas de cada área de pesquisa faz com que não seja possível um conjunto único e homogêneo como requer a ideia de Ciência (PESTRE, 1996). Pestre (1996), diante desse entendimento, defende que é

preferível "abandonar a categoria "Ciência"[3] e falar preferencialmente de campos disciplinares e de práticas materiais e cognitivas múltiplas" (p. 15).

1.2 – Práticas científicas como objeto de pesquisa

No surgimento da História Social da Ciência ocorre uma mudança, ampliação e reconhecimento de maior heterogeneidade nos próprios objetos de estudo (ALVIM e ZANOTELLO, 2014; VIDEIRA, 2007; CETINA et al., 2005). A linha historiográfica da História Cultural da Ciência surgiu nesse movimento de ampliação do escopo da HC e cresceu através de estudos centrados nas "práticas científicas" (PESTRE, 1996; GAVROGLU, 2007). As práticas científicas aqui não são entendidas somente por práticas laboratoriais ou a prática *in loco* dos agentes chamados de cientistas, mas compostas por um conjunto amplo de comportamentos em diferentes espaços, como o laboratório ou em campo e na divulgação, comunicação e legitimação do conhecimento. Apesar de não únicas e universais, as práticas científicas possuem alguma regularidade e se caracterizam fundamentalmente pelo processo constante de avaliação e crítica das explicações providas pela ciência (FORD, 2015).

De acordo com Moura e Guerra (2016), essas performances são associadas a fatores culturais e socio-institucionais que infundem procedimentos e métodos de legitimação do conhecimento científico dentro de uma comunidade. Assim, não mudam somente as questões, mas também as estratégias e princípios epistemológico-metodológicos defendidos e utilizados por cientistas em suas práticas, como na coleta e seleção de dados, na análise, na crítica, na legitimação e na divulgação do conhecimento construído em busca de respostas (PIMENTEL, 2010 e 2007; VIDEIRA, 2007; DASTON e GALISON, 2007; KLEIN; 2003).

As práticas científicas, entretanto, não estão limitadas a uma série de procedimentos e habilidades universais e infalíveis ou um método único e objetivo de

[3] Utilizamos o termo "ciência", em minúsculo, ao tratar do empreendimento humano de produção de conhecimento, institucionalizado a partir do século XVII. Quando usamos o termo em maiúsculo, estamos utilizando um nome de uma área de conhecimento (História Cultural da Ciência) ou nos referindo às áreas reconhecidas como científicas: Física, Biologia, etc.

estudar a natureza. Elas devem ser vistas como práticas construídas, transformadas, compartilhadas e abandonadas em uma comunidade, revelando seu caráter histórico (DASTON e GALISON, 2007; CETINA et al., 2005). Se os estudos sobre as práticas nos apontam que esses elementos não são universais e atemporais, mas mudam com o tempo e o local, entendemos que o que chamamos de ciência também são empreendimentos temporais (PIMENTEL, 2007). Em outras palavras, o produto científico é produzido e legitimado em comunidades através de práticas compartilhadas e respondem a questões temporais e locais. Nesse processo, tanto mudam as questões, quanto mudam as práticas aceitas como científicas, sejam experimentais ou linguísticas (MOURA e GUERRA, 2016; PESTRE 1996).

Estudos recentes destacam práticas não comumente consideradas como científicas, como fundamentais ao empreendimento científico. Como exemplos, encontramos em práticas como o ler e escrever no cotidiano de um cientista (MODY, 2015), a construção e utilização de linguagens compartilhadas pelos cientistas ou pela divulgação científica (PIMENTEL, 2007; DODICK et al., 2009; MORUS, 2009) ou o próprio entendimento e significado de ações como "observar" ou "realizar uma experiência" (DASTON e LUNDBECK, 2011; DASTON 2008). Esses elementos não surgem a priori ou são universais, mas são adquiridos e treinados pelos atores da ciência dentro da comunidade científica na qual estão inseridos.

Nesse sentido, esses atores também são objeto de investigação da HCC, sendo questionado o papel exclusivo do cientista como sábio que "desvenda" a natureza ao produzir conhecimento (PESTRE, 1996). Inclusive, no estudo das práticas científicas, novos atores, antes periféricos, tem a sua participação reconhecida no empreendimento científico, como cirurgiões e parteiras no século XVIII (PIMENTEL, 2007) e outros espaços de produção de conhecimento são resgatados nos estudos sobre a ciência, como o jardim botânico ou o anfiteatro de anatomia (PIMENTEL, 2007).

Podemos compreender que além de práticas vistas como ações físicas e concretas, encontramos, através da história, diferentes concepções de como o cientista deveria ser e agir. Isso inclui não somente um treinamento em práticas laboratoriais ou de leitura de imagens, um *scientific self*, que seria descrito e prescrito de forma a treinar iniciados na ciência através de práticas como: o treinamento dos sentidos na observação, o modo de construir diários de laboratório ou o regulamento de crenças e hipóteses

pessoais, arquitetando a vontade e concentrando a atenção (DASTON e GALISON, 2007). Em Daston e Galison (2007), encontramos exemplos de escritos de certas épocas onde se explicita o que seria o ideal de cientista, um *scientific self* ideal, isto é, que comportamentos e valores são mais propícios para se conhecer a natureza.

Isso nos leva a entender o cientista como um ator social, formado por certo meio a partir da interação com um grupo (PESTRE, 1996). Imerso em certa comunidade científica, ele adquire uma cultura, desenvolvendo técnicas experimentais e teóricas compartilhadas nessa comunidade. O treinamento desse "olhar" orienta a sua prática, como na escolha de que experimentos desenvolver ou na definição do que é um "ruído" experimental (DASTON e GALISON, 2007; GALISON, 1987). Dentro de cada comunidade, os diversos elementos que compõe a prática científica são discutidos, redefinidos e compartilhados diante da ação dos seus próprios integrantes. Isso nos revela o caráter mútuo de influência entre um indivíduo e seu modelamento em certo meio e a comunidade científica, a partir da constante redefinição desses elementos epistemológico-metodológicos.

Diante de tal entendimento, a HCC aponta para a impossibilidade de definirmos o que é Ciência e como ocorre o comportamento dos seus atores baseado em estruturas rígidas, bem definidas e universais (PESTRE, 1996; MCGUIRE e TUCHANSKA, 2013). Dessa forma, a HCC contribuiu com a Filosofia da Ciência em repensar os significados de termos como 'científico' ou da existência de um único método científico (THURS, 2015). Mesmo que certas áreas definidas como científicas, como a Astronomia, a Geologia ou a Bioquímica compartilhem algumas práticas ou objetos de estudo, os modos como esses objetos são abordados ou conceitualizados podem ser diferentes (DASTON, 2008; DASTON e GALISON, 2007). Essas práticas e olhares mudam não somente com a área, mas também com o tempo (DASTON e GALISON, 2007), o que também questiona a visão de que a ciência segue um mesmo método.

Outra assertiva cara à HCC está em rejeitar o entendimento da ciência como um empreendimento cuja dinâmica se reduza a controvérsias-consensos (PESTRE, 1996). Como nos aponta Pestre (1996), todo fechamento de um debate ou consenso é local por natureza (p. 20). O que chamamos de decisão deve ser entendido como o resultado de uma sequência de escolhas intermediárias, "finalizadas" por uma última micro decisão. O trabalho de Galison (1987) enriquece essa discussão, ao trazer o questionamento

sobre quando um experimento "termina", isto é, dito como acabado, bem-sucedido. O autor destaca que, na prática laboratorial, o papel de teorias pode ser o de guiar o cientista e possibilitar previsões de resultados, mas que elas também estão presentes no desenvolvimento e manuseio de aparelhos. Porém, tais teorias não são construídas no mundo das ideias sem relação com as práticas desenvolvidas por aqueles cientistas. Na verdade, elas são construídas a partir da interação entre cientistas e as diferentes práticas científicas presentes no contexto analisado.

Galison (1987) destaca que o suposto término de um experimento não está relacionado estritamente com o encontro de uma verdade, mas à análise "bem-sucedida" dos dados que estejam de acordo com as questões do contexto analisado. De acordo com o autor, quando houver uma teoria bem fundamentada, com previsões precisas, e quando o experimento concordar com o que foi pré-estabelecido, é possível que se encerre o experimento. Isso não significa, necessariamente, que esse resultado será consistente com a posteridade. Por conseguinte, no estudo da prática laboratorial, as motivações para o que buscar, as condições materiais, institucionais e humanas, além das teorias que orientam esse processo devem ser contextualizadas e entendidas como locais e temporais.

Como destacado antes, além do laboratório, é preciso considerar outros espaços de produção científica, instrumentos, valores, impactos de teorias, entre outros elementos numa análise *micro* da produção científica (VIDEIRA, 2007). A literatura apresenta trabalhos que contribuem com essa vertente. Como exemplo, temos estudos sobre a importância de espaços como os anfiteatros, zoológicos e jardins botânicos (PIMENTEL, 2007), sobre a importância de virtudes epistêmicas para o olhar e o fazer científico a cada época (DASTON e GALISON, 2007) e os que discutem as estruturas metafóricas que permearam o pensamento científico em séculos passados (PIMENTEL, 2007). Também destacamos os estudos de Burke (2003 e 2005) em apresentar uma coleção de dados acerca de práticas associadas à construção do conhecimento científico, à constituição de instituições científicas, sobre a detenção do conhecimento.

1.3 – HCC no Ensino de Ciências

Buscamos destacar até aqui as novas leituras resultantes da HCC que promoveram um entendimento da ciência como uma construção complexa, não podendo ser reduzida a métodos únicos e infalíveis que desvendam as verdades da natureza. Através do estudo das práticas científicas, a ciência não se apresenta como resultado de produções imparciais, autônomas, autossuficientes e acessíveis a todos. Ainda assim, as produções científicas promovem mudanças técnicas, tecnológicas e inclusive epistemológicas na sociedade (CARTER, 2014; VAN EIJCK e ROTH, 2007). Diante dessa hegemonia, o conhecimento científico segue sendo utilizado como justificativa e embasamento em questões políticas, sociais, econômicas e educacionais a nível nacional e internacional.

Por tal motivo, entendemos que uma compreensão da heterogeneidade dos processos pelos quais esse conhecimento é produzido seja importante para o Ensino de Ciências. Entendemos que o estudo das práticas científicas é um caminho para o desenvolvimento de melhores atitudes perante a ciência e para a possibilidade de posicionamento e participação em decisões de caráter sócio científico (MOURA e GUERRA, 2016; ALVIM e ZANOTELLO, 2014). Nesse sentido, a escolha do aporte HCC ao Ensino de Ciências é um caminho para se conciliar o ensino de produtos científicos com estratégias pedagógicas que tragam reflexões *sobre* a ciência.

Defendemos que, do ponto de vista pedagógico, a HCC não deve ser vista como um aporte que configure um novo ensino dogmático-instrumental, onde sejam promovidas concepções sobre como a Ciência "é" para o aluno decorar. Além disso, a HCC não deve ser simplesmente entendida como um acréscimo de conteúdo a ser inserida em aulas de Ciências, mas como um eixo condutor da prática em sala de aula. Dessa forma, entendemos ser fundamental buscar caminhos para a promoção atividades pedagógicas que promovam reflexões e de debates inspirados no estudo das práticas científicas. Mais do que isso, pressupomos que a discussão histórica depende de que o estudante seja retirado da posição passiva e, então, colocado como protagonista do processo educacional. Assim, buscamos ações capazes de levantar questões ao estudante, de forma a suscitar sua manifestação, enquanto o professor se posicione como moderador e promotor de intervenções em sala durante essas ações (MARTINS, 2015; METZ, 2007).

Esses pressupostos aliados aos destaques anteriormente apontados sobre a postura de estudantes em aulas de Ciências (HENKE e HÖTTECKE, 2015) fazem com que práticas pedagógicas com viés histórico não sejam triviais de serem desenvolvidas na educação básica. Então, como responder às expectativas de estudantes e docentes sobre as aulas de Ciências apresentarem respostas prontas e acabadas sobre fenômenos naturais? Que atividades pedagógicas, inspiradas pelo aporte na HCC, possibilitam a criação de espaços de debates, questionamentos e dúvidas? Partimos do princípio que uma abordagem histórica, que privilegie um ensino sobre a ciência dialógico, pressupõe uma sala de aula em que o professor não tem o exclusivo papel de apresentar afirmativas pré-estabelecidas (produtos científicos). Mais do que isso, entendemos a sala de aula também como um espaço de discussão de conhecimentos não mais considerados verdadeiros e um local de questionamento de estruturas pré-estabelecidas. Na busca de caminhos, encontramos no uso de NHs potencialidades para contemplar os pressupostos destacados.

2– A leitura e a escrita de narrativas no Ensino de Ciências

Com vistas a promover um Ensino de Ciências a partir de um estudo histórico sobre a ciência, onde haja espaço para o levantamento de questões e a realização de discussões, encontramos no ler e escrever de narrativas uma estratégia com esse potencial. Assim, iniciamos o capítulo com um levantamento de pesquisas sobre a utilização dessas estratégias em diferentes dimensões e no Ensino de Ciências.

2.1 – O ler e escrever no Ensino de Ciências

Um ensino de Física pautado em estudos históricos e que pretenda promover discussões sobre a ciência pressupõe uma sala de aula em que o professor não tem o papel de apresentar afirmativas pré-estabelecidas, seja sobre a ciência, seja sobre o conhecimento científico. Entretanto, resultados de pesquisas indicam que a introdução da HFSC no ensino de Ciências, e, em particular, no ensino de Física, vai de encontro às expectativas dos estudantes para as aulas da ciência (HENKE e HÖTTECKE, 2015; SILVA e GUERRA, 2014, HÖTTECKE e SILVA, 2011). Essas pesquisas apontam que estudantes e docentes esperam aulas de Ciências que apresentem respostas prontas e acabadas sobre fenômenos naturais, e, assim, que não sejam espaços para debates, questionamentos e dúvidas.

Essa não convergência entre expectativas dos estudantes e pressupostos da abordagem histórica faz com que práticas pedagógicas com viés histórico não sejam triviais de serem desenvolvidas na educação básica, levando muitas vezes à dificuldade no desenvolvimento de trabalhos e ao abandono de tal perspectiva por parte dos professores (HENKE e HÖTTECKE, 2015; VITAL, 2014). Essas considerações nos encaminharam à busca por estratégias a serem implementadas em aulas de Ciências, capazes de promover atividades problematizadoras e dialógicas, com vistas a desestabilizar a resistência dos estudantes à abordagem histórica.

O ler e escrever são práticas que vem sido incentivadas no Ensino de Ciências (GRANHAM e HARRIS, 2019; LARISON, 2018; GURGEL et al., 2017; GURGEL e

WATANABE, 2017; HADZIGEORGIOU, 2016; ALMEIDA et al., 2001; SOUZA e ALMEIDA, 2005) e apresentam fundamental importância para o ensino de Ciências na interpretação e construção de significados (OLSON e GODFREY, 2019; TERRA, 2013; MARCUSCHI, 2010; RIVARD e STRAW, 2000). Em vista a promover um ensino sobre a ciência, o texto pode ser entendido como uma ferramenta para inspirar a reflexão e o debate em sala de aula (MARCUSCHI, 2010).

O ato de escrever vem sendo defendido por ser uma estratégia com muita versatilidade para cumprir objetivos pedagógicos. Escrevemos para nos comunicar, compartilhar informações, histórias, criar mundos imaginários, explorar quem nós somos, combater nossa solidão e relatar nossas experiências (GRANHAM e HARRIS, 2019). Quando a escrita é utilizada pedagogicamente, ela pode nos ajudar no entendimento e em lembrar o que foi estudado, pois possibilita que o conteúdo que está sendo escrito seja revisto e avaliado, potencializando a conexão entre ideias e em explorar pressupostos não examinados (GRANHAM e HARRIS, 2019; KLEIN, 1999).

Uma revisão, dos últimos 20 anos, de estudos que analisaram o uso do escrever em sala de aula concluiu que essa prática vem sido defendida por autores das perspectivas socioculturais, socio-semiótica e cognitiva (GERE et al., 2019). Como defendido em Gere et al. (2019), de uma perspectiva sociocultural, o ato de escrever é "conceitualizado em termos de processos interativos que incluem socialização nos discursos e características epistemológicas das disciplinas" (p. 4).

A escrita também é uma estratégia através da qual podemos desenvolver nossa argumentação (GERE et al., 2019) e nossa linguagem (HERMAN, 2009). Também, em uma perspectiva sociocultural, o "aprender" também é compreendido a partir de "modos de pensar" em algum campo de conhecimento (GERE et al., 2019; GURGEL et al., 2017). Assim, quando utilizado no Ensino de Ciências, o escrever possibilita que estudantes desenvolvam essas habilidades supracitadas e que professores promovam atividades onde haja problematização das práticas de argumentação e da linguagem científicas (GURGEL et al., 2017).

Além disso, os atos de ler e escrever compõe diversas práticas científicas essenciais a ciência. Torná-las objeto de estudo é uma forma de revelar certas práticas não comumente associadas ao fazer ciência. De acordo com Mody (2015), ao se analisar o cotidiano de cientistas em ação, percebemos a importância do ler e escrever na

comunidade científica já que grande parte do tempo de um cientista é utilizado na leitura de trabalhos de pares para acompanhar a literatura das suas áreas de atuação.

Encontramos diferentes formas do ler e escrever na produção científica: na leitura e escrita de periódicos, livros, ensaios, textos para websites; na construção e escrita de argumentos para defender ideias; no ato de escrever cartas, e-mails, diários de campo, relatórios e resultados de coleta de dados (BURKE, 2003). Entender o ler e escrever como práticas científicas é um caminho para revelar o dinamismo das estratégias utilizadas na busca de validação de um conhecimento frente a uma comunidade científica destacando, assim, o caráter social da ciência (MODY, 2015).

Essas considerações levaram-nos a considerar resultados de pesquisas que apontam serem a leitura e a escrita estratégias com potencial para trazer o aporte HC ao ensino, de forma a quebrar resistências dos estudantes a essa abordagem. Para o trabalho com a leitura e a escrita no ensino da ciência, narrativas são apontadas como ferramentas pedagógicas com o potencial de inspirar discussões em aulas de Ciências sobre a construção do conhecimento científico de forma reflexiva, contextualizada, motivadora e criativa (LARISON, 2018; ADURIZ-BRAVO e REVEL CHION, 2016; HADZIGEORGIOU, 2016; SCHIFFER e GUERRA, 2015 e 2012; DRUMMOND et al., 2015; KLASSEN, 2010, 2009a e 2009b; CLOUGH, 2011, KLASSEN e FROESE KLASSEN, 2014a, 2014b e 2013; METZ et al., 2007; NORRIS et al, 2004; STINNER et al., 2003).

2.2 – O gênero narrativo

Nessa seção, pretendemos construir argumentos que apontem o texto e o gênero narrativo como caminhos com potencial de possibilitar a realização de atividades pedagógicas com o aporte na HCC no Ensino de Física. O gênero literário narrativo recebe atenção na literatura da área de Ensino de Ciências, diante do reconhecimento da sua capacidade de intensificar a relação entre leitor e texto a nível emotivo e cognitivo (ADURIZ-BRAVO e REVEL CHION, 2016; SCHIFFER e GUERRA, 2015; KLASSEN, 2009a; BRUNER, 2004a e 1990). Assim, torna-se válido trazer ao ensino

de Física atividades de leitura e escrita de um gênero e formato textuais diferentes do livro didático, comumente utilizado em salas de aula, e mais familiar à humanidade (BRUNER, 2004b; HERMAN, 2009 e 2003). Visto de uma perspectiva cognitiva, é esperado um maior envolvimento, compreensão e memorização pelos estudantes ao se lidar com o gênero narrativo (BRUNER, 1986).

Essa capacidade deve-se, dentre outros fatores, à maior facilidade de interpretação e de criação de empatia desenvolvidas entre leitor e texto que a estrutura e a linguagem utilizadas em narrativas proporcionam (HADZIGEORGIOU, 2016; HERMAN, 2009; BRUNER, 2004a). Essa potencialidade das narrativas levou-nos a considerar a hipótese de que tais textos podem auxiliar ao professor em lidar com certos obstáculos como a reação dos estudantes à abordagem histórica e com a proposta de ler e escrever no ensino de Física.

Por um lado, a escrita de narrativas pode desenvolver qualidades gramaticais e literárias, como vocabulário, morfologia e estrutura sentencial (GRAHAM e HARRIS, 2019; OLSON e GODFREY, 2019). Mas escolhemos utilizar a escrita de narrativas pois a reconhecermos como uma atividade onde estudantes podem se envolver com pesquisas sobre temas históricos e científicos sobre os quais será escrito a narrativa final deles (GURGEL e WATANABE, 2017; MARCUSCHI, 2010). Assim, a narrativa possibilita o encontro dos resultados das pesquisas realizadas pelos estudantes, com suas histórias conhecidas e suas experiências e conhecimentos pessoais (OLSON e GODFREY, 2019).

O uso da escrita pedagogicamente pode ser potencializado pela figura do professor (METZ el at., 2007; HIDI e RENNINGER, 2006). Através da ação mediadora do professor na orientação da escrita de uma narrativa, entendemos ser possível que as pesquisas e a escrita realizadas pelos estudantes promovam a reflexão e debates acerca de práticas científicas previamente selecionadas pelo professor ou pelos alunos no processo.

Como forma de identificar o potencial do uso pedagógico de narrativas, uma discussão mais ampla deve ser trazida em relação ao gênero narrativo. Barthes (1977) destaca que encontramos narrativas a todo o momento, em todos os lugares, em todas as sociedades, e que elas surgiram com a própria história da humanidade. Os veículos utilizados para se formar narrativas são diversos: linguagem oral e escrita, imagem

estática e dinâmica ou ainda uma mistura de formas. As narrativas são utilizadas por todos os humanos, em todas as classes e, como "a própria vida, está ali, internacional, transhistórica, transcultural" (p. 237). Em outras palavras, a narrativa é uma estratégia básica humana para lidar com o tempo, processos e mudanças (GRAHAM e HARRIS, 2019; HERMAN, 2009). Não é trivial definir se um discurso, texto ou outra ferramenta semiótica se enquadra no gênero narrativo (HERMAN, 2009).

De acordo com David Herman (2009), o critério de classificação de um texto não é binário, não bastando a presença de um conjunto único de elementos ou características para se classificar um texto como narrativo ou não. Apesar de não podemos traçar elementos únicos e exclusivos que definam o gênero narrativo, é possível elencar uma série de características que, somadas, são capazes de identificar o gênero de um texto. É possível haver um gradiente da presença dessas características em um texto, de forma que podemos chamar um texto de "mais narrativo" que outro (HERMAN, 2009). Por tais motivos, iremos apresentar brevemente cinco elementos considerados mais fundamentais em uma narrativa: a sequência de eventos, os agentes, o narrador, a estrutura do texto e o "não-falado" (KLASSEN, 2009a). Esses elementos podem ser chamados de ferramentas literárias (KLASSEN, 2010; 2009a) e apresentam um potencial pedagógico que terá destaque a seguir.

No grau mais elementar, uma narrativa é um recontar e um modelar evento, composta por uma sequência temporal desses eventos (KLASSEN, 2010; HERMAN, 2009; NORRIS et al, 2005; LAMARQUE, 2005; BRUNER, 1990). Nessa sequência, há uma mudança de estado com a apresentação de um estado inicial no qual há algum equilíbrio. Esse equilíbrio, entretanto, é quebrado pela ocorrência de algum evento, gerando um estado, onde haverá um novo equilíbrio (HERMAN, 2009; KLASSEN, 2010). Essa sequência não precisa ser cronológica e nem toda narrativa necessita apresentar os estágios inicial, intermediário e final. O importante é a existência de mudanças ao longo do texto (HERMAN, 2009). Como os eventos narrados, reais ou imaginários, já ocorreram, é comum que a narrativa seja contada no tempo verbal passado.

Em uma narrativa há agentes, humanos ou humanizados, que serão os principais responsáveis pelas mudanças de estado apresentadas no texto ou que sofrerão suas consequências (KLASSEN, 2009a). A possível variedade de tipos de agentes, como

origem social, geográfica e financeira, representa uma multiplicidade de consciências, posições ideológicas, políticas e éticas de acordo com cada contexto. Em outras palavras, uma narrativa apresenta a capacidade de fazer com que o leitor vivencie o que é passar por certos eventos dentro de um mundo em fluxo (HERMAN, 2009). A interpretação da narrativa, também, é, nessa concepção, uma atividade voltada à construção de uma consciência mais diversa e complexa. Essa complexidade é valiosa para o uso pedagógico das narrativas, visto que possibilita que o estudante se depare com visões e contextos diferentes (TERRA, 2013).

Muitas das mudanças de estado são geradas por ações dos agentes da narrativa. Nessas ações, constantemente há tomadas de decisões, que envolvem questões éticas, dilemas ou obstáculos a serem superados (KLASSEN, 2009a; MILNE, 1998). Apesar de não serem necessariamente explicitadas no texto, sempre existem motivações, justificativas e impactos das decisões tomadas por um personagem ou por um grupo. Isto é, é possível contextualizar ou, ao menos, promover discussões na leitura de narrativas com esse objetivo, buscando motivações ou correlacionando fatores para entender como certo evento veio a ocorrer. Por isso, é possível que esses elementos sejam destacados de forma a inspirar discussões em sala de aula.

Em toda narrativa há um narrador, mesmo que oculto (HERMAN, 2009; KLASSEN, 2009a). Sobre a relação entre o narrador e o conteúdo de uma narrativa, isto é, entre os eventos que ocorrem e são escolhidos para serem contados, encontramos três possibilidades: o narrador pode ser considerado um agente da narrativa que conta uma sequência de eventos de acordo com sua perspectiva, sem nada saber sobre o que se passa com outros personagens; ou ele pode ser um agente atuante e, assim, participante dos eventos contados; ou, então, ele pode ser alguma consciência externa aos acontecimentos e, assim, ter conhecimento parcial ou total do que passa com os personagens (TADDEI, 2009).

Em uma perspectiva meta-textual, três definições eram dominantes há quatro décadas, sobre quem é que "nos narra a narrativa" (BARTHES, 1977). Primeiro, o narrador emana de uma pessoa (no sentido psicológico do termo) física, o autor. O autor é, então, "o *locus* de uma permuta constante entre sua personalidade e a "arte" de um indivíduo perfeitamente identificado que, eventualmente, pega uma caneta para escrever uma história" (BARTHES, 1977). Logo, a narrativa é apenas uma expressão

de um “eu” que existe independente da narrativa.

Na segunda definição, o narrador é visto como um ser onisciente, impessoal, uma consciência que conta a história de um ponto de vista externo. Mas ele está dentro de seus personagens, pois sabe o que acontece dentro deles e fora, pois não se limita ou se identifica com apenas um personagem. A terceira teoria declara que o narrador deve limitar a história ao que seus personagens sabem ou podem observar, tornando os personagens os transmissores da narrativa.

Barthes (1977) discorda dessas definições enquanto elas consideram o narrador e os personagens como figuras reais, pessoas “vivas”. O autor defende que narrador e personagens são essencialmente “paper beings” (p. 261), isto é, o autor de uma narrativa não deve ser confundido com o narrador da mesma. O narrador está limitado ao texto e uma leitura semiótica deve ser capaz de detectar seus limites. De acordo com Barthes (1977), “O que *fala* (na narrativa) não é aquele que *escreve* (na vida real) e aquele que *escreve* não é aquele que *é*” (p. 261). Existe uma diferença entre o autor e o narrador, de forma que o narrador é uma manifestação limitada do autor.

Com certa ressonância ao pensamento de Barthes, Benjamin entende que o narrador pode ser visto com dois objetivos, o narrador em instância do processo de comunicação literária e o narrador como catalisador de experiências (Benjamin, apud. TADDEI, 2009). No primeiro caso, o narrador é uma entidade que não é um indivíduo real. Ele e o leitor (também visto como uma abstração metodológica) formam um par que constitui um dos elementos da enunciação (TADDEI, 2009).

Dessa forma, durante toda a narrativa é possível enxergar o enunciado e a enunciação. Por um lado, o enunciado refere-se aos elementos e mudanças ocorridas na história, como o agir dos personagens e a lógica da sequência de eventos. Já a enunciação é o processo que enfatiza o ato mesmo de narrar, tendo por sujeitos o narrador e o leitor. E esse processo ocorre de forma diferente a cada leitor e a cada momento diferente.

Como catalisador de experiências, o narrador para Benjamin é uma pessoa real ou um personagem que represente uma. Ele seria formado por um personagem capaz de passar experiências úteis de sua vida. Dessa forma, em uma narrativa contada de forma textual, é difícil o narrador de uma história se ocultar frente à sua presença viva nos eventos que compõe o texto (Benjamin, apud. TADDEI, 2009).

Frente aos argumentos apresentados, consideramos que, da perspectiva do leitor, é o narrador quem seleciona quais eventos serão contados, o que será emitido e em qual profundidade (HERMAN, 2009). Entendendo o narrador como uma manifestação do autor (BARTHES, 1977), mesmo que oculto, ele apresenta certa visão de mundo. A partir de suas idiossincrasias, o narrador apresenta ideias, opiniões, interpretações, reações a acontecimentos e, em alguns casos, ações, a partir dos quais ele pretende dar forma e sentido à narrativa. Entretanto, esse sentido não é único e nem atemporal, pois o processo de enunciação envolve narrador e leitor. A escrita ocorre em um recorte temporal na qual o autor se manifesta como narrador, enquanto que a leitura se inscreve em um presente reiterado, que se aciona a cada vez que um leitor aborda a obra (TADDEI, 2009; MILNE, 1998).

Dessa forma, do processo de escrita ao processo de leitura existe uma relação que não deve ser entendida como linear entre o autor-narrador-leitor (BARTHES, 1977). Não somente existe o fator temporal no processo da leitura (e da escrita), mas esta pode ser feita de forma mediada por uma segunda pessoa, como será o caso da utilização de narrativas em sala de aula.

Além da sequência de eventos, dos agentes e do narrador, existem outros elementos constituintes de uma narrativa que podem intensificar a leitura e a criação de empatia do leitor com o texto. Um exemplo está na estrutura de uma narrativa. Ela deve ser construída de forma a trazer a atenção do leitor e suscitar curiosidade e vontade de querer saber o que acontece em seguida (KLASSEN, 2009a; NORRIS et al., 2005). Alguns autores apontam que a atenção do leitor pode ser mantida com a criação de expectativas, instabilidade na vida de agentes e em eventos, suspense e reviravoltas (HADZIGEORGIOU et al., 2011; KLASSEN, 2009a). Dessa forma, a estrutura escolhida para o texto, a forma de organizar e apresentar os elementos como os eventos da narrativa ou o narrador são fundamentais para intensificar as possibilidades da leitura.

Outra ferramenta utilizada na escrita de uma narrativa pode ser chamada de o "não-falado". Na composição de uma narrativa, quaisquer informações que não são explicitadas no texto, mas que apresentam importância na estrutura da narrativa podem ser chamados de o "não-falado" (KLASSEN, 2009a). Eventos implícitos, significados de termos ou conceitos e resultados de ações de agentes são exemplos que podem ser

utilizados em uma narrativa para atrair um leitor. É importante reiterar que o "não-falado" pode ser visto como uma característica de qualquer texto, pois nunca um texto apresenta todas as informações para seu leitor de forma exaustiva.

Em uma narrativa, se tudo for apresentado, descrito e explicado é provável que o leitor perca o apetite literário durante sua leitura (KLASSEN, 2009a). Textos narrativos, em sua maior parte, apresentam uma linguagem característica, apesar de não única (BRUNER, 2004a), e são estruturados de forma a desenvolver uma vontade de querer saber mais no leitor (HERMAN, 2009; GURGEL, 2010). Seja o destino de um agente ou a resposta de um enigma, há certa necessidade de não se apresentar todas as informações para o leitor, deixando seu apetite literário não completamente saciado (KLASSEN, 2009a).

Entretanto, tornar o "não falado" característica inerente a qualquer texto é generalizar erroneamente o não falado, pois em uma narrativa esse se refere a quando o autor deixa propositalmente de fornecer uma informação com o propósito de instigar a curiosidade do leitor. Stephen Klassen (2009a) nos aponta que quando um texto se completa e tudo é dito o mesmo pode se tornar pedante para o leitor. Tal frustração é resultado do envolvimento a nível emotivo que existe durante a leitura de uma narrativa que inclui o questionamento, a reflexão e a busca de respostas durante o texto (HERMAN, 2009).

No caso do uso de narrativas para o uso didático, abre-se a possibilidade de que o "não-falado" esteja relacionado ao conteúdo histórico e científico. Como exemplo, podemos sugerir a não explicação de algum conceito científico apresentado durante o texto importante para os agentes da narrativa. Outro exemplo poderia ser o destaque a eventos que foram resultado das ações de algum personagem, mas sem que essas ações sejam previamente descritas, inspirando ao leitor a questão "Por que isso ocorreu?" ou "Quem foi o responsável por isso?".

No contexto escolar, como a efetivação de debates requer a atenção e participação dos estudantes, é importante o uso das estratégias literárias em pontos chave na narrativa com o objetivo de suscitar a vontade de querer saber mais dos estudantes. Em conjunto com a mediação do professor, espera-se que as discussões levantadas suscitem a curiosidade dos estudantes e os tragam a uma posição de protagonistas nessas discussões.

2.3 – O potencial pedagógico de Narrativas Históricas

Até aqui foram apresentados alguns dos principais elementos que compõem um texto narrativo. Adiante, serão apresentados resultados de pesquisas que discutem uma utilização específica de narrativas enquanto caminho pedagógico. Nos últimos quatro anos, nosso grupo de pesquisa vem desenvolvendo projetos no Ensino de Física, orientados para atividades de ler e escrever narrativas em aulas de Física. Uma pesquisa vem sido desenvolvida sobre a aplicação de uma sequência didática com aporte na HCC e inspirada pela leitura e escrita de narrativas de caráter histórico, que chamaremos de Narrativa Histórica (NH).

O termo NHs (Historical Narratives) é utilizado de diferentes formas na literatura (CLOUGH, 2011). Inspirados no trabalho de Stephen Klassen e Catherine Froese Klassen, definimos a NH como um texto narrativo de duas a quatro páginas, de caráter histórico e com uma temática científica, onde são utilizadas ferramentas literárias para potencializar sua leitura e uso pedagógico (KLASSEN, 2010, 2009a, 2009b; FROESE KLASSEN, 2013). Além de suas características estruturais, o modo proposto a ser usado pedagogicamente também é uma característica que a define. NHs foram utilizadas por esses autores como introdutórias a um tema de estudo (“door-openers”) e serviam para suscitar a curiosidade dos estudantes e fazê-los levantar questões sobre o tema a ser estudado.

Defendemos, como Aduriz-Bravo e Revel Chion (2016), Clough (2011) e Klassen (2009a) que a NH deve estar estruturada buscando intensificar a empatia criada entre o leitor e seus agentes, com vistas a intensificar a compreensão do contexto e das condições nas quais certas ações foram tomadas. Como resultado, a atenção e curiosidade durante a leitura devem facilitar a interpretação pelo leitor de sentidos e valores presentes no texto, e possibilitar que este se sinta “imerso” no cenário, temporalmente e geograficamente (HERMAN, 2003).

Bruner (1990) defende que histórias nos ajudam a aprender a participar de uma cultura, nos ajudando a se acostumar com o que é aceito nessa cultura e com possíveis

problemas que podemos enfrentar quando estados canônicos são quebrados. Narrativas exploram diferentes versões da condição humana ou outros mundos possíveis, facilitando nossa compreensão da quebra de estados canônicos em uma cultura.

Assim, as narrativas fazem parte do nosso acervo cultural e são entendidas na literatura como ferramentas através das quais nós lemos, interpretamos e entendemos a realidade (HERMAN, 2009). Nós organizamos nossas experiências e memórias de acontecimentos na forma de narrativas, em histórias, mitos e razões para se fazer ou não algo (BRUNER, 1990). Dessa forma, ao se utilizar NHs no Ensino de Ciências, um dos resultados esperados da interação entre leitor e narrativa é que o conteúdo estudado se torne mais memorável (HADZIGEORGIOU, 2016; KLASSEN e FROESE KLASSEN, 2014a; KLASSEN, 2006).

Encontramos pesquisas que corroboram com essa proposta, indicando que o formato narrativo estimula a imaginação e provoca reações a nível emocional através das quais estudantes assimilam mais com a memória a longo prazo do que com a realização de exercícios ou pura memorização (KLASSEN e FROESE KLASSEN, 2014a; KLASSEN, 2006; GRAESSER, 1981) e que estudantes se dedicam mais ao ato de ler, quando leem narrativas, em contraste com a leitura de textos expositivos (ZABRUCKY e MOORE, 1999).

Entretanto, apesar de haver um sentido proposto pelo(s) autor(es) em uma narrativa, reconhecemos que a interpretação de um texto em sala de aula é um fenômeno pedagógico e social, com reflexos em eventos e ações dos agentes do texto (TERRA, 2013; MILNE, 1998). Um mesmo texto não é lido duas vezes da mesma forma, pois as condições nas quais ele foi lido nunca serão iguais (TADDEI, 2009; MILNE, 1998). Mesmo que seja lido repetidamente, em sequência, o leitor não é o mesmo de antes da leitura.

Outro fator importante a ser considerado é que a leitura da NH sem orientação parece não potencializar o poder pedagógico da mesma (METZ, 2007; METZ et al., 2007). Pesquisas apontam que a partir da leitura não orientada de textos científicos (histórias ou reportagens) estudantes se manifestaram a favor da autoridade científica, apresentando certezas em suas afirmações, apesar dos textos apresentarem argumentos contrários (Philips e Norris, 1999). Philips (2002), por exemplo, aponta que a habilidade inferencial de estudantes foi identificada como fraca após a leitura de

textos. No trabalho do autor, os estudantes se prenderam à pura localização de informações no texto e não produziram interpretações esperadas na seleção do mesmo.

Assim, o autor sugere ser necessária maior competência literária e instrução para interpretações mais complexas. Em Brill e colaboradores (2004), resultados apontam que estudantes tiveram dificuldade com a linguagem científica e com o estilo do texto, de forma que reagiram às dificuldades, associando as questões destacadas no texto com conhecimentos prévios, desprezando os termos técnicos e insistindo em realizar perguntas ao professor sobre o texto.

Ainda que haja um sentido proposto numa narrativa, certas informações ou eventos não são contados e nem todos recebem a mesma importância. Logo, na construção de uma narrativa, há influência e a presença de valores humanos e culturais (MILNE, 1998, 1996a, 1996b). A seleção de eventos e a forma como eles são apresentados pelo narrador são centrais no uso de narrativas com viés pedagógico. Isto porque essa seleção acaba por direcionar certas interpretações desses eventos, destacando valores e contribuindo na construção de ligações emocionais (MILNE, 1998). Concordamos com Metz e colaboradores (2007) que existe uma tensão na criação de NHs entre um texto narrativo que vise descrever todos os detalhes no desenvolvimento histórico e um que busque promover discussões sobre a ciência, sem resultar em meras descrições de questões de História da Ciência.

Durante a construção de uma NH, certos sentidos relacionados ao processo de produção científica são atribuídos pela seleção de eventos ou estrutura do texto. Entretanto, esses sentidos podem não ser interpretados durante a leitura. Considerando que reflexões ocorrem a nível individual durante a leitura, mas que podem ser orientadas e potencializadas por uma mediação (TERRA, 2013), entendemos ser fundamental a mediação do professor para destacar os sentidos do texto, que na leitura não foram interpretados pelos estudantes. Assim, ao usar uma NH, é importante que o professor elenque objetivos no início do processo, mesmo que estes mudem durante as atividades pedagógicas.

Outra característica do uso de narrativas é o tipo de linguagem utilizado. Estudos apontam ser a linguagem presente nesse tipo textual mais familiar ao estudante (HERMAN, 2009) e menos carregada de elementos verbais, matemáticos e imagéticos como os textos dispostos nos livros didáticos (MARTINS, 2012, pp.21).

Por último, destacamos que em uma NH, a seleção do conteúdo e a estrutura do texto devem seguir uma fidelidade historiográfica, evitando leituras mal fundamentadas ou exageradas (FORATO et al., 2012). Também, em nosso caso, é importante não apresentar valores (MILNE, 1998) incoerentes com pesquisas em História Cultural da Ciência. Ainda assim, apesar de parecer uma tarefa excessiva em critérios e armadilhas para um educador em Ciências, que não é escritor e nem historiador, acreditamos que existe uma liberdade criativa na escrita de narrativas importante para a sala de aula (HADZIGEORGIOU et al., 2011, KLASSEN, 2009a, SCHIFFER e GUERRA, 2015).

A partir das questões levantadas, utilizamos de uma NH construída pelo nosso grupo de pesquisa para discutir a construção de uma NH com o objetivo de levantar discussões a respeito da ciência, com foco nas práticas científicas. Primeiro, apresentaremos a temática escolhida para a NH e quais práticas científicas foram escolhidas para sua construção.

2.4 – Práticas científicas na Narrativa Histórica

As ferramentas literárias utilizadas na construção da NH a ser apresentada na próxima sessão, foram inspiradas nos trabalhos de Schiffer e Guerra (2015), Klassen (2010; 2009a) e Metz (2007). A partir de Metz (2007), construímos a narrativa dividida em três partes, de forma a possibilitar intervenções durante a leitura do texto, como o levantamento de questões sobre as temáticas e o conteúdo histórico e científico apresentados. Apesar das partes do texto serem ordenadas cronologicamente, cada uma apresenta cenários, personagens e eventos diferentes.

A narrativa aqui discutida faz parte de uma pesquisa maior desenvolvida em aulas de Física, cujo tema estudado era a Mecânica. Essa particularidade levou-nos a recortar como tema as diferentes posições de Gottfried W. Leibniz (1646-1716) e Isaac Newton (1643-1727) frente a conceitos de espaço e tempo, à necessidade de conservação de movimento no Universo, além da disputa da originalidade no desenvolvimento do Cálculo Diferencial.

Escolhemos para compor a narrativa o intervalo de tempo de 1666 a 1716 (50 anos), abrangendo o período que vai do início da juventude de Leibniz até seu falecimento. Foram escolhidos como principais agentes do texto: Leibniz, Newton e Christian Huygens (1629-1695), entre outros filósofos naturais com os quais Leibniz desenvolveu debates e disputas, como Samuel Clarke (1675-1729) e Fatio de Duillier (1664-1753) (KREILING, 1968; HOFMANN, 2007; FITAS, 1993; NEWTON, 1979; LEIBNIZ, 1976 e 1974; ILTIS, 1973).

Diante de nossos objetivos pedagógicos e pressupostos teórico-metodológicos, o aporte historiográfico da HCC orientou a construção da NH. Na construção da NH consideramos importante destacar elementos associados às práticas científicas do episódio histórico. O primeiro foi a troca de cartas, uma prática científica fundamental para o desenvolvimento da ciência naquele contexto, representada pelo vem sido chamado na literatura de *República das Letras* (BROCKLISS, 2013). O segundo foi o espaço de difusão e produção de conhecimento das academias científicas locais. Por último, a disputa pela primazia do Cálculo Diferencial, ilustrando processos de disputa e legitimação do conhecimento.

A República das Letras, uma comunidade virtual, era formada por cidadãos que utilizavam a troca de correspondências escritas como caminho para divulgar seus trabalhos científicos (BROCKLISS, 2013; BURKE, 2011; DASTON, 1991). Entre filósofos naturais, este se tornou o principal meio de comunicação e, de certa forma, a chave para a subsistência no campo científico (JARDIM e GUERRA, 2017; BROCKLISS, 2013). Os filósofos naturais que estavam mais conectados na rede de troca de correspondências eram os que mais estavam atualizados e os que mais tinham seus trabalhos difundidos. Assim, os mais influentes mantinham um número de ouvintes atentos e interessados em contribuírem com a comunidade e crescerem na hierarquia da República. A maioria das instituições de ensino possuía ao menos um integrante da República das Letras (BROCKLISS, 2013).

O número de integrantes da República cresceu diante da ampliação dos serviços postais estatais no final do século XVII (BROCKLISS, 2013), chegando a meados de 30.000 membros em fins do século XVIII. Esses membros estavam principalmente na Europa, mas também em colônias europeias. A presença de mulheres na República não era forte (PAL, 2012) e, mesmo havendo a contribuição de centenas de participantes

periféricos (BROCKLISS, 2013; PAL, 2012), a comunidade permaneceu restrita a, praticamente, homens brancos de classes alta e média (BURKE, 2011).

Entrar na comunidade não era tão complicado, bastando saber latim e ter interesse por alguma área das ciências ou humanidades, além de ter conhecimento de livros que estivessem dentre os considerados relevantes à sua área de interesse (JARDIM e GUERRA, 2017). A República, teoricamente, era guiada pelo ideal de estar a serviço da moralidade e da melhora da humanidade, de forma que seus participantes não deveriam pautar-se em interesses próprios (BROCKLISS, 2013; JARDIM e GUERRA, 2017). Entretanto, na prática, a realidade era outra. Muitos dos participantes buscavam interesses pessoais na comunidade e alguns se aproveitavam da sua posição hierárquica (BROCKLISS, 2013; DASTON, 1991). Crescer na hierarquia da República nem sempre era resultado dos trabalhos realizados. A rede de influências, que poderia ser originada de uma condição financeira ou política, era também muito importante para a posição hierárquica na comunidade (BROCKLISS, 2013).

Apesar dos poucos pré-requisitos para "entrar" na República das Letras, a disputa por ter seu trabalho reconhecido era intensa entre filósofos naturais, médicos, advogados, membros do clero e membros da nobreza que se aventuravam no estudo da natureza (BROCKLISS, 2013). Ter algum dos líderes da República como patrono era um grande desafio. Para ascender na República das Letras, era necessária alguma mercadoria de troca, como "livros, sementes, moedas, artefatos ou instrumentos" (BROCKLISS, 2013). Consequentemente, a rejeição de cartas por certas figuras mais influentes poderia ser fatal para a posição de um cidadão na República (JARDIM e GUERRA, 2017).

Ainda assim, apesar das vantagens de ter um patrono, esse não era o único caminho para se tornar reconhecido na República das Letras. Era possível buscar aprovação através de academias e sociedades científicas (JARDIM e GUERRA, 2017). No recorte histórico escolhido, as duas principais academias científicas europeias, a Royal Society (1660) e Academia de Ciências de Paris (1666), foram um marco na institucionalização da ciência (MCCLELLAN III, 2003; GOODMAN, 1996). Ambas contavam com o auxílio e patrocínio Real e receberam privilégios como o poder e autoridade da impressão de seus trabalhos ou o uso de cadáveres de pessoas executadas para realização de dissecações (DAELE, 1977).

Essas academias se tornaram “centros de excelência”, compostas por um grande número de filósofos naturais renomados. Dentre as atividades ali desenvolvidas, havia a repetição de experimentos realizados por filósofos naturais que não necessariamente integravam essas academias, além da análise de escritos de diferentes filósofos naturais (MCCLELLAN, 2003; DAELE, 1977). Inclusive, no século XVIII podemos dizer que as academias científicas seriam uma forma institucional da “República das Letras” (GOODMAN, 1996).

Newton foi presidente da Royal Society por 24 anos (1703-1727), período no qual houve a disputa pelo Cálculo Diferencial. Apesar de ser conhecido por não se corresponder com muitas pessoas e não se manifestar publicamente sobre assuntos profissionais ou pessoais, os trabalhos de Newton foram defendidos por outros integrantes da Royal Society, como Fatio de Duillier e Samuel Clarke. O primeiro foi protagonista na acusação de plágio dos trabalhos de Leibniz. Em 1699, Fatio de Duillier escreveu um livro em Geometria, no qual atribuía sem questionamentos a originalidade do Cálculo Diferencial a Newton, enquanto questionava a reivindicação de Leibniz do mesmo. Já Samuel Clarke foi responsável por uma série de trocas de cartas para a princesa de Gales, Carolina de Ansbach (PAL, 2012). Nessas cartas, conceitos newtonianos como espaço e tempo foram debatidos. Enquanto Samuel enviava cartas à princesa, Leibniz também o fazia, formando assim um debate que durou quase dois anos, até a morte de Leibniz em 1716 (FITAS, 1993; ILTIS, 1973).

A partir do reconhecimento da importância desses elementos nas práticas em torno à temática selecionada a narrativa foi construída. Os agentes escolhidos para a narrativa são personagens históricos centrais que servem como bons exemplos para os três aspectos da prática científica escolhidos. Há espaço para o estudo biográfico de cada um deles, mas na narrativa há uma ênfase a aspectos da vida profissional de Leibniz. Leibniz era uma figura influente na República das Letras (ROSS, 2015; MARRAS, 2011; JOLLEY, 1994) e se envolvia tanto com assuntos das ciências, quanto das humanidades, vista sua vasta produção.

2.5 – A construção da Narrativa Histórica

A construção da NH durou três meses e foi realizada pelo professor-pesquisador e mais uma integrante do NIEHCC. Inspirados em Metz (2007), a NH foi escrita em três partes para possibilitar uma interrupção, que permita ao professor discutir o texto. Serão apresentadas as três partes que compõe a NH e destacaremos nossos objetivos com cada parte do texto, enfatizando as ferramentas literárias utilizadas e as práticas científicas que buscamos trazer para discussão em sala de aula.

A primeira parte do texto foi intitulada *Um almoço nobre* e foi construída de forma a ser uma leitura introdutória, familiarizando o estudante com o gênero literário e com a temática escolhida para a NH, além de apresentar informações biográficas de Leibniz.

Para a primeira parte, criamos um narrador onisciente e que não participa dos eventos. Assim, ele apresenta informações sobre o cenário, sobre as ações e pensamentos do personagem Leibniz. Apesar de não apresentarmos as opiniões do narrador, ele realiza uma leitura interna do personagem de Leibniz, como se fosse a sua consciência falando ao leitor. Dessa forma, esperamos que os estudantes se identifiquem com o personagem e criem uma empatia com ele, diante de sua situação enquanto jovem, com suas emoções, desejos e objetivos pessoais.

Em relação aos eventos escolhidos, Leibniz é apresentado como um jovem, que há poucos meses defendeu sua tese de doutorado. Demos destaque à sua motivação de ingressar na vida acadêmica e do Direito e outras informações biográficas, como a rejeição de sua tese na Universidade de Leipzig. Inspirados pelos escritos de Leibniz em filosofia (LEIBNIZ, 1974), atribuímos pensamentos a Leibniz relacionados ao Princípio da Razão Suficiente, que ele desenvolveu durante sua vida (JOLLEY, 1994). Nossa motivação foi trazer pequenas referências à sua produção literária e um suposto conjunto de questões que motivaram seus escritos filosóficos.

Enquanto ocorrem os eventos no tempo presente do texto, o narrador traz ao leitor informações sobre o passado de Leibniz, como a morte de seu pai e seu amor à leitura. Destacamos o gosto que Leibniz tinha à leitura com o objetivo de demonstrar como o ato de ler e escrever serão práticas importantes não somente para a vida política, mas também para a vida acadêmica do filósofo.

Parte 1 - *Um almoço nobre*

"Por que as coisas existem? Por que são como são, e não de outro modo?" Era cedo, e essas palavras preenchiam a mente de um jovem enquanto procurava uma roupa elegante o suficiente para almoçar com um Barão. Papéis rabiscados tomavam sua mesa e parte do chão, enquanto o estalar de sua lareira tentava distrai-lo inutilmente. Nada iria impedi-lo de impressionar o recém-conhecido nesta ocasião. Esta era uma chance de se afastar da vida acadêmica e ingressar no mundo das leis, do Direito, e realmente *beneficiar a humanidade*.

Talvez tenha sido este seu pensamento logo após a defesa de sua tese, *De Casibus Perplexis,* que lhe conferiu o título de Doutor em Direito em fevereiro daquele mesmo ano, 1667. A reação da plateia lhe deixou entusiasmado e ali ele soube que havia tomado a decisão certa ao mudar para a Universidade de Altdorf. Fora uma difícil decisão abandonar a Universidade de Leipzig, mas seu título de Doutor havia sido rejeitado por uma razão pífia: ele ser "jovem demais". "*Para tudo encontramos uma razão, mesmo que discordemos dela"* – pensou ao abotoar sua melhor camisa.

Talvez seja prudente eu levar uma cópia de minha dissertação; o barão Johann von Boyneburg pode se interessar em lê-la após a refeição! A ideia de carregar páginas de textos e ler antes ou após a refeição não lhe soava estranha, pois desde cedo seu amor pela leitura fora bem reconhecido. Talvez por sorte, após a morte de seu pai, ganhou acesso à sua biblioteca particular. Desde então, não parava de ler todos os livros, cartas e rascunhos nos quais conseguia colocar as mãos.

Recomponha-se, imediatamente. Dessa forma, suprimiu sua ansiedade e, elegantemente, saiu à rua com um passo firme enquanto o vento gélido da cidade de Mainz lhe cortava o rosto. Sua ansiedade também era devida à possibilidade do Barão ter convidado um político influente da cidade, o Arcebispo J.P. von Schönborn. Certamente sua vasta leitura, tanto sobre direito, quanto teologia, o auxiliaria nas discussões que tomariam a maior parte do almoço. Através do arcebispo, sua esperança seria a possibilidade de participar de uma *tão necessária* reforma jurídica do Sacro Império Romano-Germânico. E, mesmo com toda sua instrução, etiqueta e disciplina, o jovem Gottfried Wilhelm Leibniz notou que suas pernas tremiam. E não era somente pelo frio.

Nos parágrafos finais, os nomes do barão e do Arcebispo com os quais Leibniz pretende almoçar são apresentados. A partir da introdução desses dois personagens, que foram patronos marcantes para a vida política de Leibniz (JOLLEY, 1994), buscamos destacar a importância da construção de uma rede de contatos influentes para a vida política e acadêmica do filósofo. Ao final do texto, buscamos contextualizar geograficamente o cenário da NH na cidade de Mainz, no Império Romano-Germânico, e trazer informações sobre um futuro projeto jurídico para o Império, do qual Leibniz participou.

A construção das partes dois e três da NH, com destaque à segunda, foi inspirada em cartas que Leibniz trocou com Christian Huygens, Samuel Clarke (KREILING, 1968; HOFMANN, 2007; FITAS, 1993; ILTIS, 1973) e com a princesa de Gales, Carolina de Ansbach (PAL, 2012). A segunda parte foi intitulada *A carta incompleta*.

Parte 2 - *A carta incompleta*

Parecia que seu sonho havia se realizado. Com o apoio do duque Ernst Augustus, Leibniz teve acesso a arquivos e bibliotecas que tanto almejava para a construção de um grande trabalho. Produzir uma genealogia da família Brunswick não seria fácil, mas daria direitos, como o de reivindicação de terras, aos seus membros. Além disso, traria financiamento para Leibniz continuar suas viagens pela Europa.

Já havia passado mais de dez anos após a morte de Boyneburg, em 1672, e de Schönborn, em 1673, influências que tanto lhe alavancaram na vida política. Diante das missões diplomáticas e políticas para as quais fora incumbido, Leibniz conseguiu viajar para cidades como Londres, Delft e Paris. Sua vida política havia sido agitada. Em certo momento, negociou a paz entre Inglaterra e Países Baixos, enquanto em outro incentivou a invasão francesa no Egito. Assim, livraria os Estados Germânicos do perigo ao lado. Durante estas viagens Leibniz se encantou com a vida científica e intelectual, principalmente de Paris. Esteve em contato e pôde travar debates científicos com filósofos naturais como Hooke, Boyle, Oldenburg, Leeuwenhoek e Christiaan Huygens.

A troca de cartas com alguns destes lhe rendeu intensas reflexões sobre a natureza. Mal Leibniz havia sentado para terminar uma delas, um assistente lhe trazia novos documentos oficiais da cidade de Hanôver que o tomariam sua atenção durante horas. Enquanto isso, a carta lhe esperava...

"Caro Sr. Huygens, tanto gostaria de ouvir sua opinião enquanto termino meu ensaio sobre o que acredito ser a real medida do movimento. Entretanto, sinto que posso distraí-lo da montagem de sua obra. Minha crítica ao trabalho do Sr. Descartes deve vir a refletir sobre a sua concepção do movimento, além de poder ser reconhecida de modo negativo perante membros da Académie des Sciences. Se minha afiliação já fora rejeitada, é possível que nunca venha a ser concretizada, caso este temor se torne real.

Não me parece que a tal grandeza, definida pelo tal e compartilhada pelo senhor, como *quantidade de movimento* sirva como medida verdadeira do movimento. Da maneira como ela tem sido proposta, dois corpos que contenham medidas iguais, mas com sentidos opostos, apresentariam um total desta grandeza de valor nulo. Seria difícil fazer-me crer que Deus teria criado o movimento e atribuído aos corpos uma "força motora", cujo valor total seja nulo; mesmo que se conserve, como ambos vem demonstrado. Venho tentado demonstrar que podemos reconhecer outra grandeza, responsável pela dinâmica universal, que se conserva em todos os corpos, uma verdadeira *força viva* à qual nomeei "vis viva". Esta, uma grandeza que não depende do produto da massa pela velocidade de um objeto, mas pelo quadrado da velocidade.

Concordemos que o movimento é relativo, apesar de suas colocações acerca do

movimento circular. Mesmo diante da dificuldade de identificarmos o movimento constante, caso não contemos com nenhum referencial confiável, não podemos associá-lo somente a uma mudança de posição: a causa do movimento deve ser uma força inerente a cada corpo. Eis que proponho que nos debrucemos sobre a vis viva. Como o senhor mesmo poderá deduzir, esta grandeza é conservada nos casos de colisões elásticas trabalhados por ti e pelo Sr. Descartes. Temo que ambos, e outros, a rejeitem diante da dificuldade de enxergar sua conservação em colisões inelásticas, mas lhe digo: ela pode parecer se desfazer aos nossos olhos, mas perdura em cada parte dos corpos em questão.

Com efeito, Deus a teria criado como uma realidade física última, conservada durante nossa existência, compondo um universo eterno, o melhor arranjo que um mundo possa apresentar. A nós nos cabe sua medida, a qual podemos encontrar, inclusive, na altura que um corpo é capaz de subir e que é facilmente determinada pelas deduções de Galileu e relacionada à mV^2.

Apesar de concordarmos com o princípio da conservação, creio a real medida do movimento a vis viva e não a proposta em vossos trabalhos. Tomarei um tempo para organizar meu material e lhe enviarei uma versão assim que possível. Além disso, tenho considerações sobre sua teoria dos vórtices...".

Diante de tantos papéis ofuscando a carta, seus escritos somados a documentos oficiais, se Leibniz iria se lembrar de termina-la e enviá-la, não sabia a resposta.

Apesar de se passar anos depois do contexto da 1ª parte da NH, o início da segunda parte foi escrito de forma a ser uma continuidade da primeira, com a conclusão de alguns dos eventos pressagiados nesta. Nessa parte, são dadas mais informações sobre a vida política de Leibniz e o impacto que seus mentores, já falecidos nesse momento, tiveram nela, além de sua tese da *vis viva* e questionamentos sobre o conceito de *quantidade de movimento* de Huygens. Destacamos como sua vida política lhe possibilitou constantes viagens pela Europa, a partir das quais ele veio a conhecer e se interessar pela produção científica da época. Com essas viagens, ele conheceu filósofos naturais e buscou a aceitação de membros da Royal Society e da Academia de Ciências de Paris, iniciando assim sua troca de cartas com Huygens (KREILING, 1968). Dessa forma, inseriu-se nos círculos de filósofos naturais da França e da Inglaterra, tornando-se um cidadão da República das Letras (MARRAS, 2011).

No início do texto, o narrador tem o mesmo formato que na primeira parte, ele é onisciente e não participa dos eventos. Entretanto, na segunda parte, o narrador não tem a mesma importância como ferramenta literária, pois a segunda parte da narrativa é centrada em uma suposta carta que Leibniz escreveu a Huygens. Baseada na literatura (KREILING, 1968; HOFMANN, 2007; FITAS, 1993; LEIBNIZ, 1976 e 1974), o

conteúdo da carta foi criado pelo nosso grupo de pesquisa. Isso nos possibilitou apresentar uma das formas como filósofos naturais do século XVII defendiam teses, criticavam outros autores e, ao mesmo tempo, tinham seus trabalhos divulgados; as cartas (JARDIM e GUERRA, 2017).

Deve-se ainda destacar que opção pela carta como elemento condutor da NH nos permitiu estruturar o texto num formato que se assemelha a um diálogo, em que apenas um dos lados é ouvido (HERMAN, 2009). Assim, utilizamos a carta, também, como um recurso literário para dispor no texto não-ditos. Isto por que ela é endereçada a alguém (Huygens) envolvendo um debate que já ocorria há certo tempo, então, nem tudo precisaria ser explicado. Por exemplo, trechos como a primeira frase do terceiro parágrafo destaca uma grandeza não referenciada ao leitor anteriormente. Porém, por ser uma carta à Huygens, a crítica pode ser destacada sem que a grandeza seja explicada. Entendemos que aqui há um potencial de não somente suscitar a curiosidade dos estudantes sobre o conteúdo da carta, mas também discutir o cotidiano de um filósofo natural da época, envolvido em debates contínuos com argumentações de caráter filosófico, matemático e religioso.

Leibniz, na NH, defende a *vis viva*, enquanto critica o conceito criado por Descartes e estudado por Huygens: a *quantidade de movimento*. O próprio Leibniz reconhece, a partir da carta, que há críticas à *vis viva* pelo fato da mesma não parecer se conservar em colisões inelásticas, porém responde às críticas afirmando que a mesma fica “em cada parte dos corpos em questão”. No sétimo parágrafo, Leibniz apresenta razões teológicas para haver uma grandeza relacionada a movimento que se conserve em todo o universo, questão essa discutida no Princípio da Razão Suficiente. Novamente, encontramos trechos com “não-ditos”, como no final da carta, com a menção aos estudos de Huygens e a teoria dos vórtices de Descartes. Essa parte da NH encerra levantando a hipótese que essa carta não seja terminada e enviada, possibilitando seja destacado que essa carta foi inventada pelos autores da NH.

A terceira e última parte da NH é intitulada *Uma controvérsia matemática* foi construída com o propósito de gerar discussões acerca da disputa da primazia do Cálculo Diferencial entre Leibniz e Newton:

Parte 3 - *Uma controvérsia matemática*

Se eu reconheço o nome "Newton"? Sim, está surpreso? Já o ouvi antes de você, aposto, mas isso faz tempo. Lembro-me bem daquela época. As ruas imundas e os mercados lotados, em uma mistura de odores, onde era possível captar alguns dos maravilhosos perfumes da alta cultura cruzando ao som das carruagens. Mas, o que mais se sentia nas ruas era o cheiro de estrume, mesmo.

Mesmo após tornar-se eleitorado, a cidade de Hanôver não conseguiu esconder o contraste entre seus habitantes. Naquele tempo, eu morava lá e percorrer longas distâncias pelas suas ruas era minha especialidade; cruzando ruelas, utilizando atalhos e atravessando a multidão nas praças me tornava um garoto de entregas excepcional. Em certas entregas, eu conhecia gente importante, daquele tipo que interrompia o odor das ruas. Houve um senhor a quem o nome "Newton" não agradava nem um pouco, a quem nunca irei esquecer.

Era início de 1699 e eu me dirigia para entregar uma carta ao Sr. Gottfried W. Leibniz, o mesmo que ajudou àquela cidade a torna-la eleitorado. Sua casa era imensa, eu até perdi a conta do número de andares. Ao invés de ser recebido por serviçais, fui atendido pelo próprio, que me recebeu com toda cortesia que alguém visivelmente ansioso conseguiu dispor. Não era apropriado, mas, diante do frio, eu aceitei entrar para tomar uma bebida quente; eu mereço!

Ao abrir e ler a carta, o Sr. Leibniz não pode conter a irritação. "Como pôde este recém-ingressado me contestar? Absurdo!" – soltou, mal notando que eu estava a observar. Perguntei-lhe se estava bem e, ambos encabulados, ingressamos em uma conversa bastante complicada para minha pessoa, mas que me entreteve e me mostrou um jeito de pensar que nem imaginava.

Ao que me lembro, pouco tempo antes, um tal de Fatio de Duillier havia escrito um tratado no qual o acusava de ter roubado as ideias sobre uns novos métodos matemáticos de um outro senhor, chamado Newton. Aparentemente, na carta estavam tentando tranquilizá-lo, pois ninguém aceitaria as acusações de um membro mais novo que ele (e suíço!) de uma sociedade chamada Royal Society, que ficava em Londres. Ainda assim, este trabalho havia sido publicado e estava sendo bastante discutido nos corredores daquela sociedade por defensores dos princípios matemáticos de Newton, inflando as críticas sobre sua originalidade matemática.

"Meus métodos são inovadores, absolutamente originais! Veja só, meu caro, enquanto o Sr. Newton propõe um método no qual as variações das funções são comparadas ao movimento de corpos, em meus trabalhos eu exploro questões mais fundamentais. Acredito que este próprio Duillier não tenha a capacidade de compreender questões profundas sobre geometria, quanto menos o significado de trabalhar com quantidades infinitamente pequenas, como eu proponho!"

"Desculpe-me, senhor, mas eu não compreendo o que está me explicando. Como assim, quantidades infinitamente pequenas?"

"Perdoe minha catarse. Duvido que minhas inquietações sejam do seu interesse. Mas, diante da sua pergunta, lhe retorno outra: que natureza seria a nossa se pudéssemos dividir certo corpo até encontrar um pedaço fundamental, um limite, um final? Não seria isto um absurdo? Um universo limitado, finito, composto de pedaços fundamentais iguais é o desejo daqueles que creem alcançar a onisciência do nosso Deus. Creio no poderio do nosso criador em formar um universo cuja complexidade

nos seria impossível de compreender. Poderíamos dividir e dividir certo objeto e nunca chegar à sua essência. Cada corpo, objeto e ser desse universo é único, não existe nenhum igual, logo, por qual razão nosso criador haveria de constituir sua criação com pedaços finitos idênticos? Eis o que me referi à quantidades infinitamente pequenas."

É, meu caro, tampouco eu compreendi aquelas questões na época e minha memória me falta com detalhes sobre a conversa. Palavras como átomo e vácuo foram proferidas durante o restante da conversa, mas eu não conseguia acompanhar seus argumentos que misturavam ideias sobre como é formada a natureza, raciocínios matemáticos e sua admiração pelo nosso criador. Mantendo minha bebida em mãos, após terminar de ouvir sua lógica peculiar, lhe perguntei como aquela disputa seria resolvida, se a crítica parecia estar ganhando ouvidos.

"No momento, creio que deixarei este assunto de lado. Há assuntos mais urgentes para tratar, pois em alguns meses iremos inaugurar uma academia científica em Berlim. Além disso, há compromissos com a realeza que ainda tomam muito do meu tempo disponível. Caso meus temores tornem-se realidade, serei obrigado a requisitar uma audiência com os membros da Royal Society para demonstrar, definitivamente, que tanto minha obra matemática fora publicada sem conhecimento do método do Sr. Newton, como ela é desassociada ao trabalho do mesmo."

É triste lembrar que, apesar de sua grande influência na cidade na época, eu ouvi dizerem que seus últimos anos não foram de glória. Com as constantes mortes de seus patronos e ignorado pela realeza da época, este senhor passou seus últimos anos trabalhando doente e seu funeral teve apenas seu secretário presente. Não posso deixar de imaginar que isso tenha alguma relação com sua disputa com o tal Sr. Newton.
Enquanto isso, o trabalho deste senhor está sendo publicado aqui, em Paris, traduzido, nada mais, nada menos, que por uma mulher! Além disso, ouvi em outras conversas que ela acrescentou ideias do próprio Leibniz em seus escritos! Irônico, não? Como eu soube disso? Basta dizer que hoje eu posso até não saber ou conseguir andar na mesma rapidez nesta cidade, mas os perfumes na rua são muito melhores...

Enquanto que nas duas primeiras partes utilizamos um narrador como uma consciência externa aos acontecimentos, na terceira parte decidimos por utilizar um narrador participante (HERMAN, 2009). Nessa parte, o narrador é um entregador de cartas que vivia em Hanôver quando jovem e conheceu Leibniz numa entrega de cartas ao filósofo. A escolha desse narrador teve alguns objetivos. A profissão do narrador permite-nos colocar novamente em foco a troca de cartas, uma prática científica muito importante à época de Leibniz, possibilitando, então, o retorno às discussões sobre a troca de cartas entre filósofos naturais, e trazer questões relativas a essa prática, como o crescimento do serviço postal na Europa no século XVII (JARDIM e GUERRA, 2017).

Além disso, o narrador encontra-se em uma idade avançada, o que nos possibilitou ampliar o alcance cronológico da NH, pois ele narra ao leitor eventos que ocorreram quando ele era jovem, porém por estar velho pôde trazer à NH eventos de

dois momentos temporais distintos. A partir desse olhar distanciado no tempo, o narrador apresenta uma opinião sobre os eventos narrados, como sobre o crescimento da cidade de Hanôver, e certa admiração à Leibniz pelo seu papel nesse crescimento. Ao se aliar à família Brunswick-Lüneburg, Leibniz os auxiliou em tornar Hanôver um eleitorado, elevando seu papel político, pois, assim, o governo conquistava o poder de participar na eleição de Imperadores do Sacro Império Romano Germânico (RILEY, 1996). Através dessas opiniões, buscamos trazer uma leitura de um cidadão da época sobre esses eventos, além de inserir alguns comentários cômicos.

O fato de o narrador ser um entregador de cartas nos permitiu colocá-lo como um ouvinte que pode ser comparado ao leitor leigo, quando Leibniz lhe explica sua indignação pelo recebimento de uma carta. Assim, por apresentar questionamentos e muitas dúvidas sobre o que lhe é explicado, buscamos facilitar a leitura dos estudantes com a identificação com o narrador e, ao mesmo tempo, abrir um espaço para o professor destacar que para produzir conhecimento científico é necessário estar inserido em debates, instituições e em círculos de trocas de informação, como as cartas.

No início da conversa entre o narrador e o filósofo, resumimos eventos capazes de introduzir o leitor à disputa entre Leibniz e Newton. No sexto parágrafo, Leibniz defende a originalidade de seu Cálculo Diferencial, destacando as diferenças entre os fundamentos matemáticos e metafísicos entre seu trabalho e o de Newton. Entendemos que a terceira parte da NH possibilita inspirar discussões e estudo sobre esses fundamentos, abordando a origem do pensamento de Leibniz na ferramenta matemática chamada *limite de uma função*. Para defender essa ferramenta, ele considera a possibilidade de dividir uma grandeza infinitamente. Essa defesa é pautada na lógica de que o universo não tem limite, é infinito como a concepção de Deus de Leibniz e, logo, a ideia de *átomo* seria inviável.

Após a defesa de seu método de Cálculo, Leibniz informa ao entregador da possibilidade de ele convocar uma audiência com membros da Royal Society, como fez em 1713 (JOLLEY, 1994). Como dito acima, optamos pelo narrador contar uma história passada para trazermos à NH informações sobre os resultados da disputa do Cálculo Diferencial e sobre os últimos anos de Leibniz e, assim, encerrar o recorte selecionado. O último parágrafo começa com um trecho onde há um “não-dito” sobre a publicação dos trabalhos de Newton, traduzidos por uma mulher. Essa mulher foi Émilie du

Châtelet, que em 1749 (ano de sua morte), terminou a tradução para o francês da maior obra de Newton, os *Philosophiae naturalis principia mathematica* (NEWTON, 1979).

A terceira parte conclui a NH e possibilita inspirar discussões sobre algumas práticas científicas, inclusive retomando debates gerados após a leitura das duas outras partes. Como exemplo, pode ser destacado que, durante a vida de Leibniz, é possível reconhecer uma grande importância dada pelo filósofo natural às instituições científicas, ilustrado pelo fato de o mesmo buscar ser aceito na Academia de Ciências de Paris e na Royal Society (MCCLELLAN III, 2003; KREILING, 1968; HOFMANN, 2007). O impacto dessas instituições em sua vida pode ser levantado na segunda e terceira partes da narrativa, incluindo discussões sobre a criação da Academia de Ciências da Prússia. Essa academia, a terceira maior da época, foi planejada pelo próprio Leibniz e inspirada nas Academia de Ciências de Paris e na Royal Society, e contou com o apoio da realeza prussiana (MCCLELLAN III, 2003).

A disputa da primazia do Cálculo Diferencial teve como cenário principal a Royal Society. A terceira parte da NH possibilita destacar alguns eventos nessa disputa que ilustram a importância de certas práticas desses filósofos naturais. Como exemplo, temos a prática da leitura de cartas realizada em reuniões da Royal Society, onde os integrantes debatiam o trabalho de outros filósofos naturais. Aqui pode ser destacada a prática do ler e escrever, além da ação e formas de organização de filósofos naturais em instituições. Em outras palavras, pode-se destacar o papel que personagens como Fatio de Duillier tiveram nessa disputa, além de destacar que Newton era o presidente da Royal Society à época. Isso lhe conferia prioridade na seleção de cartas para leitura na instituição, além do poder de organizar assembleias para julgar a originalidade do trabalho de Leibniz em comparação ao seu.

Dessa forma, a disputa configura-se como um momento de convergência entre os elementos previamente debatidos, da troca de cartas aos debates realizados na Royal Society, onde Leibniz teve seu trabalho acusado de plágio por uma assembleia organizada por Newton, que o considerou o criador original. Por fim, a história da formação das instituições científicas também pode ser discutida colocando-as em contraste com outras instituições da época, como a universidade. O incentivo à produção de conhecimento pelas primeiras, frente à tradição de reprodução do conhecimento dos antigos em universidades pode, também, ser um tema de debate.

Como dito acima, somente a leitura de uma NH em sala de aula não é o suficiente para promover discussões sobre práticas científicas. Dessa forma, foi escolhida uma metodologia de pesquisa na qual tanto a complexidade dos nossos objetivos pedagógicos, quanto do contexto escolar fossem contempladas.

3– Metodologia de Pesquisa

Nesse capítulo, a escolha metodológica para guiarmos a pesquisa empírica será destacada. A linha de pesquisa chamada de Design Based Research (DBR) ou pesquisa baseada em design será apresentada. Iniciaremos com as motivações pelas quais essa linha surgiu, depois apontaremos suas principais características, como ela pode ser usada no ambiente escolar e os motivos pelos quais decidimos escolher esse referencial. Em seguida, as etapas da DBR realizada no ano de 2015 serão esquematizadas e as ferramentas de coleta de dados apresentadas para este ano, pois elas não se mantiveram iguais a cada ano.

3.1 – A Design-Based Research

Apesar de alguns autores sugerirem que a DBR tem suas origens no início do século XX (BELL et al. 2004), há um consenso entre outros autores que essa linha de pesquisa foi estruturada da forma como é utilizada hoje no final do século XX, a partir da busca por uma metodologia intervencionista que fosse capaz de aliar aspectos teóricos da pesquisa com a prática (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017; ANDERSON e SHATTUCK, 2012). Foram utilizados diferentes expressões para definir essa metodologia, como *design experiment* (BROWN, 1992), *developmental research* (Richey et al., 2004), *design-research* e *development research (*ANDERSON e SHATTUCK, 2012), até a publicação de um documento manifesto onde se introduz a terminologia que passou a identificar a linha de pesquisa como *design-based research* (DBR-COLLECTIVE, 2003).

A DBR é proposta como uma metodologia de pesquisa que pode cobrir diferentes áreas, como estudos psicológicos sobre a cognição e memória humanas (BROWN, 1992), mas daremos ênfase em autores que propõe sua utilização na educação em Ciências. Pesquisadores como Brown (1992) e Collins (1992) argumentavam que teorias gerais de educação e aprendizagem não eram suficientes para

resolver problemas ligados à prática e garantir o sucesso no processo de ensino (VAN DEN AKKER, 1999). Estar situado em um contexto educacional é visto como uma necessidade para que pesquisas obtenham resultados que possam ser efetivamente usados para avaliar, informar e melhorar a prática em pelo menos um (e provavelmente outro) contexto (ANDERSON e SHATTUCK, 2012).

Autores como Van de Akken (1999) enfatizaram que tradicionalmente na pesquisa em educação em ciências faltava o interesse em ampliar os resultados para além dos limites estritos das teorias gerais, deixando-se de lado o desenvolvimento de conhecimento didático de conteúdos específicos, esses que de fato seriam determinantes nas mudanças no ensino e na aprendizagem. Alguns autores clamaram pelo esforço em retomar a credibilidade na pesquisa em ensino (DBR-COLLECTIVE, 2003). Algumas das críticas que inspiraram o surgimento da DBR são que algumas pesquisas se utilizam de abordagens não científicas e que há uma distância entre pesquisa e prática educacional (DBR-COLLECTIVE, 2003). Uma pesquisa que esteja afastada da prática não leva em consideração o impacto do contexto e da complexidade das interações interpessoais no ambiente pedagógico (COLLINS, 1992)

DBR-Collective (2003) define a DBR como uma pesquisa que combina empiricamente a pesquisa educacional teórica com ambientes de aprendizagem. Através dela é possível estudar o processo de ensino e aprendizagem em contexto, através de um desenho sistemático e estudo de estratégias e ferramentas instrucionais (DBR-COLLECTIVE, 2003). Alguns programas de pesquisa usando esse método desenvolveram materiais de instrução, incluindo ambientes de aprendizagem aprimorados por tecnologia, e projetos curriculares, bem como estudaram os fenômenos educativos que emergem da promulgação do currículo (BELL et al., 2004).

A DBR pode ser utilizada para se compreender como, quando e por que inovações educacionais funcionam (ou não) na prática (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017). Van den Akker (1999) enfatiza que a inter-relação entre a teoria e a prática é muito complexa e dinâmica e que a aplicação direta da teoria muitas vezes não é suficiente para resolver alguns tipos de problemas relacionados à prática. Bell e colaboradores (2004) apontam a necessidade de estudar intervenções complexas que devem incluir uma variedade de recursos e materiais projetados intencionalmente, tais como sequências curriculares, ferramentas tecnológicas, normas sociais, abordagens

instrucionais, atividades estruturadas e métodos de avaliação em configurações complexas, dentro dos ambientes educacionais (p. 74).

Apesar do manifesto, não existe um único método de pesquisa DBR. Porém pode-se sintetizar que a metodologia DBR consiste em estratégias que buscam gerenciar o controle do processo de produção e implementação de uma inovação educacional em contextos escolares reais (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017). Assim, a DBR pode ser considerada numa espécie de teoria sobre a metodologia, capaz de organizar de maneira coerente o processo de levar à sala de aula uma inovação curricular e/ou pedagógica, levando em consideração aspectos contextuais escolares (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017). Citando Brown (1992):

> *Acho que, no interesse da convergência de operações, e por causa da natureza multifacetada de minha base de dados, prefiro uma abordagem mista, adequando o método aos dados específicos. Eu misturo e combino metodologias qualitativas e quantitativas para descrever o fenômeno, uma mistura que está se tornando comum na literatura, refletindo as questões cada vez mais complexas que os psicólogos agora abordam.* (p. 156, tradução livre)

Apesar de não apresentar um formato pré-definido, em DBR-Collective (2003) são apresentadas cinco principais características que uma DBR deve ter para que seja bem-sucedida. Primeiro, os objetivos centrais de projetar ambientes de aprendizagem e os de desenvolver teorias de aprendizagem estão interligados. Em segundo lugar, o desenvolvimento e a pesquisa devem ocorrer através de ciclos contínuos de design, encenação, análise e redesenho (COLLINS, 1992). Terceiro, a pesquisa sobre projetos deve conduzir a teorias compartilháveis que ajudem a comunicar implicações relevantes para os profissionais e outros projetistas educacionais. Em quarto lugar, a pesquisa deve explicar como os designs funcionam em ambientes autênticos. Ela deve não apenas documentar o sucesso ou o fracasso, mas também focar em interações que aprimorem nossa compreensão das questões de aprendizado envolvidas. Quinto, o desenvolvimento de relatos de pesquisa deve depender de métodos com capacidade de documentar e conectar processos de atuação pedagógica aos seus resultados.

Dessa forma, a DBR vai além de simplesmente projetar e testar intervenções específicas. É essencial que haja uma análise do processo inteiro e não apenas do produto final, pois os resultados tirados dessa análise deverão ser incorporados no

próprio processo, visando seu aprimoramento (COLLINS, 1992). Por isso, uma importante característica da DBR é seu funcionamento em ciclos, já que o que é aprendido de um primeiro design deve ser utilizado nos próximos designs.

3.2 – A escolha da DBR e o professor-pesquisador

No Ensino de Ciências, a DBR tem sido usada para planejar, implementar e avaliar sequências de ensino-aprendizagem ou *teaching-learning sequences* (TLS) (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017). Na Introdução, destacamos que esse projeto de tese foi inspirado por uma pesquisa realizada sobre a aplicação de uma TLS e apresentada em uma dissertação de mestrado (SCHIFFER, 2013). Os resultados da aplicação da TLS foram utilizados para construir uma nova TLS aplicada no ano de 2015. Nesse ano, o professor responsável pela TLS e seu grupo de pesquisa (NIEHCC) decidiram utilizar a metodologia da DBR nesse projeto de tese. Em seguida, serão apresentados argumentos justificando essa escolha.

A DBR comporta como etapas de design de uma TLS sua a aplicação, avaliação e re-design para ser repetida em um momento seguinte, o que constitui uma estratégia capaz de gerar subsídios para responder nossa pergunta de pesquisa[4]. Aqui devemos abrir espaço para esclarecer nossos objetivos com nossa pergunta de pesquisa.

Contrário a estudos quantitativos, a maioria de estudos com a DBR não produzem efeitos mensuráveis que demonstram "o que funciona" (ANDERSON e SHATTUCK, 2012, p. 22). Isso está em concordância com nosso entendimento do aporte na HCC no Ensino de Ciências, visto que não defendermos estar ensinando um conteúdo novo a ser decorado, um modo estruturado e com afirmativas pré-estabelecidas de se entender o que são e como funcionam a ciência (MOURA e GUERRA, 2016). Construímos nossa pergunta de pesquisa buscando levantar caminhos para trazer discussões sobre a ciência, levando em consideração que a sala de aula é um ambiente plural e dinâmico.

[4] Que estratégias relacionadas à leitura e escrita de NHs em aulas de Física, com aporte histórico-cultural, potencializam discussões sobre práticas científicas?

Dessa forma, foram pensadas diferentes estratégias pedagógicas com atividades dentro e fora de sala que compuseram a TLS a cada ano. Nessa construção, foi levado em consideração elementos como o contexto escolar, o tempo disponível de realização e de avaliação pelo professor de cada atividade e interesses e características dos estudantes, já que cada turma era de um curso técnico diferente. Ao reconhecer o contexto escolar como complexo e entender que ações pedagógicas dentro de sala devem levar isso em consideração, entendemos que a DBR seja uma estratégia válida para responder a pergunta dessa pesquisa.

Ao analisar a literatura sobre DBR, encontramos poucos trabalhos onde a TLS foi realizada mais de uma vez. Dessa forma, a possibilidade de aplicá-la por três anos seguidos se mostrou atraente. Primeiro, na literatura é levantada a hipótese de que as expectativas de estudantes com o Ensino de Ciências interferem no modo como avaliam o que é conhecimento válido e, logo, como se comportam nas aulas (HENKE e HÖTTECKE. 2015; HÖTTECKE e SILVA, 2011). Dessa forma, a aplicação da TLS a longo prazo possibilita analisarmos diferentes turmas e, logo, uma grande variedade de estudantes. Além disso, como iremos apontar no capítulo 4, identificamos que foi criada certa imagem do professor que aplicou a TLS associada às discussões histórico-filosóficas por ele promovidas nos três anos.

Há de se destacar, também, que a aplicação durante três anos dificulta que os resultados da TLS estejam associados a uma "empolgação" do professor com o projeto ou o chamado efeito Hawthorne (BROWN, 1992). Isto é, o processo repetido em mais de um ano é importante para que os resultados não sejam romantizados e aqueles que apontem que a TLS foi bem-sucedida em seus objetivos não sejam originados de um comportamento atípico de um pesquisador em campo, logo não refletindo uma realidade cotidiana. Ainda assim, entendemos que essa continuidade não elimina todos os riscos do efeito, pois a cada ano novos estudantes participaram da TLS e os resultados poderiam ser originados parcialmente de suas reações em saber que estão participando de uma pesquisa.

Normalmente, é proposto na literatura que o processo da DBR seja feito por uma equipe composta por pesquisadores da área de Educação e professores, estes atuando efetivamente nas escolas (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017). O papel do professor é visto como fundamental, pois é ele quem conhece a cultura, a tecnologia, os objetivos e

as normas de um sistema educacional de forma a atuar e medir o impacto de uma intervenção (ANDERSON e SHATTUCK, 2012). Levando em consideração os fatores que o professor traz de sua prática diária, o processo torna-se mais rico e melhor adequado ao contexto específico onde a TLS é implementada (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017). Entretanto, é sugerido que haja uma parceria entre professor e pesquisadores, pois ele "normalmente está muito ocupado e é comumente mal treinado para conduzir uma pesquisa rigorosa" (ANDERSON e SHATTUCK, 2012, p. 17).

De acordo com Kneubil e Pietrocola (2017, p. 4), "sendo uma teoria sobre a metodologia, a pesquisa baseada em design pressupõe uma análise sobre o processo tanto quanto sobre o produto". Assim, apesar da condição profissional do professor e o contexto escolar no qual a TLS foi aplicada poderem ser vistas como privilegiadas no contexto educacional brasileiro, o resultado de nossa análise deverá promover reflexões sobre a possibilidade de um professor atuar como pesquisador e como essa metodologia pode ser trazida para o Ensino de Ciências, considerando esse contexto. No restante do texto, foi considerado utilizar a denominação "professor-pesquisador" quando nos referirmos ao responsável pela pesquisa. Entretanto, para facilitar a leitura dessa tese, será utilizado somente o termo "professor", pois ele foi o único que atuou como professor da turma, enquanto administrava a TLS.

3.3 – As etapas de uma DBR

Inspirados em Kneubil e Pietrocola (2017) e em Kneubil (2014), encontramos uma proposta de estrutura de cinco etapas para a realização de uma DBR: seleção do tema e proposição dos princípios de design, o design, a implementação, a avaliação e o re-design (p. 8).

A seleção do tema é o momento no qual o conteúdo ou algum tipo de inovação em metodologia de ensino que irá compor a TLS será decidido. É comum que a DBR seja proposta como forma de análise de alguma inovação curricular, como aprimorar formas de apresentação de um conteúdo ou um conteúdo propriamente dito (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017; COLLINS, 1992; BROWN, 1992). Consideramos que a leitura

e escrita de NHs com aporte na HCC possa ser considerada uma inovação metodológica.

Após a seleção do tema, são definidos os princípios de design que irão nortear a elaboração da TLS. Eles são entendidos como pressupostos teóricos cuja origem pode ser "epistemológica, didática, axiológica, de aprendizagem ou, ainda, uma combinação deles" (p. 8). Assim, a DBR não se apoia em uma única teoria, mas pode ser orientada por diferentes princípios de design escolhidos considerando a TLS como um todo e inspirando a construção de cada etapa seguinte.

O momento no qual a TLS é efetivamente construída chama-se design. Essa etapa é inspirada pela seleção do tema e tem os princípios de design como pilares teóricos. A TLS é desenhada pelos participantes da pesquisa, levando em consideração o contexto escolar e o professor que irá implementar a TLS. No nosso caso, o professor também foi um dos pesquisadores participantes do design.

Kneubil e Pietrocola (2017) propõe que, além dos princípios de design, é importante o estabelecimento de objetivos específicos que devem ser cumpridos pela TLS. Nessa proposta, "esses objetivos têm um status menos teórico-abstrato e se relacionam ao conteúdo específico" (p. 9). Eles podem estar associados a conteúdos ou habilidades a serem aprendidos e desenvolvidos e normalmente são definidos com verbos ou ações que a TLS deve promover.

No capítulo 4, apresentamos cinco categorias de análise de cada ano da TLS que entendemos como análogas aos objetivos específicos defendidos pelos autores. A diferença está em não definirmos objetivos finais pré-estabelecidos, como "aprender algo", e sintetizarmos cada categoria em questões que orientaram a análise da TLS. Ainda assim, nossas categorias de análise indicam o que esperamos que os estudantes realizem ou desenvolvam durante a TLS.

Incluído no design da TLS estão as ferramentas de coleta de dados, que possibilitarão a etapa de avaliação posterior. Elas podem ser materiais construídos intrínsecos à TLS, como atividades, questionários, avaliações, ou podem ser externas à TLS, como a realização de entrevistas ou a gravação de áudio e vídeo de momentos dentro de sala de aula.

Ao término da fase de design, deve-se ter um produto que foi construído a partir das etapas anteriores em um grupo de pesquisa. No contexto escolar, o produto pode ser

um material didático concreto contendo roteiros, objetivos específicos, conteúdos abordados, atividades sugeridas, outras leituras, além de comentários que auxiliem o professor a implementar a TLS.

A terceira etapa é chamada de implementação. É o momento no qual a TLS é aplicada no contexto escolar. Durante o design da TLS, é esperado que o professor se aproprie dos objetivos da TLS e se prepare para sua implementação. Nessa etapa, também se encontra o momento da coleta de dados, através das ferramentas desenvolvidas no design da TLS.

Em seguida, há a etapa da avaliação, onde os dados coletados na implementação são analisados. Diante da variedade de dados que podem ser coletados, há a possibilidade de uma variedade de metodologias de análise. Entretanto, é importante que o contexto escolar seja levado em consideração nessa análise e a voz do professor pode ser a principal responsável por trazer esse contexto.

Por fim, a última etapa da TLS é chamada de re-design. Levando em consideração todas as etapas da DBR, mas principalmente o resultado das análises na etapa da avaliação, reflexões sobre todo o processo são geradas. A partir dessas reflexões, entendemos que é possível gerar modificações na TLS em qualquer etapa anterior, seja nos princípios de design, na implementação ou na metodologia de coleta de dados utilizados na avaliação.

O professor, em conjunto com o grupo de pesquisa, avalia que pontos foram bem-sucedidos ou não e reestruturam a TLS para ser aplicada em uma próxima oportunidade. Dessa forma, o processo revela-se cíclico e o conhecimento gerado após uma aplicação tem potencial de ser divulgado e de ser utilizado no re-design da próxima TLS. Assim, buscamos tracejar em linhas gerais as etapas propostas para a DBR que foram realizadas a cada ano da aplicação da TLS. No próximo capítulo, serão apresentadas informações de como a TLS a ser aplicada em 2015 foi inspirada e todas as seis etapas desse primeiro ano da aplicação.

4– A Design Based Research em 2013 e 2015

Nossa pesquisa teve como principais agentes um professor atuando como pesquisador ao promover uma Design Based Research (DBR) (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017; ANDERSON e SHATTUCK, 2012; BELL et al., 2004) e o grupo NIEHCC, no qual esteve inserido durante três anos no desenvolvimento, aplicação e modificação de uma Teaching-Learning Sequence (TLS). Para responder à pergunta de pesquisa, foi realizada uma análise sobre os dados colhidos na fase de implementação da DBR em seus três anos. A cada ano, nossos resultados geraram reflexões e re-definições (fase do re-design) na aplicação da TLS (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017).

O objetivo deste capítulo é descrever as atividades referentes à TLS, explicitando as etapas do processo e como cada aplicação inspirou modificações nas aplicações seguintes. Entendemos ser enriquecedor começarmos por apresentar como os resultados de uma pesquisa de Dissertação de Mestrado, realizada em 2013 (SCHIFFER, 2013), inspiraram a TLS iniciada em 2015. Apesar de apresentar etapas semelhantes ao processo de DBR, como a fase de re-design, o projeto realizado em 2013 não desenvolveu elementos suficientes para podemos classificá-lo como tal. Após as considerações sobre 2013, para cada um dos três anos da DBR, serão descritas as etapas de seleção do tema e os princípios de design, o design, a implementação, a avaliação e o re-design (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017).

Antes de iniciarmos a discussão da pesquisa em si, será importante retomar algumas considerações a respeito da DBR destacadas no capítulo 3. Na literatura, defende-se que a DBR nasceu da necessidade de uma interação mais direta entre o campo de pesquisa teórico e prático na área de Educação (DBR-COLLECTIVE, 2003). Entretanto, as variáveis presentes em pesquisas realizadas em sala de aula são múltiplas. Isto pode ser entendido ao mesmo tempo como uma das vantagens da DBR em possibilitar pesquisas mais coerentes com a realidade escolar, mas também como um de seus desafios, pois os pesquisadores devem lidar não somente com muitas variáveis, mas também com diversos domínios do conhecimento (BROWN, 1992).

Uma das propostas da literatura para se lidar com esse desafio é a composição de um grupo de pesquisa com especialistas de áreas que venham a contribuir com o trabalho a ser realizado e onde o professor aplicador das TLSs seja participante atuante do mesmo (KNEUBIL e PIETROCOLA, 2017). No nosso caso, como dito anteriormente, o professor é, além de um participante do NIEHCC, o coordenador da DBR. O NIEHCC contém especialistas em Educação e História e Filosofia da Ciência que contribuíram com o projeto. É interessante adiantarmos que durante as pesquisas que serão apresentadas aqui, o NIEHCC reconheceu que seria proveitosa a presença de um especialista na área de Literatura para a avaliação dos textos produzidos pelos estudantes nas TLSs. Infelizmente, como será descrito na parte referente ao ano de 2016, apesar da tentativa de interação com professores dessa área, não fomos bem-sucedidos em promover essa integração.

A análise dos dados, em 2015, foi orientada por cinco questões, em busca de responder nossa pergunta de pesquisa (BOGDAN e BIKLEN, 1994). Cada questão, orientou nosso olhar para gerar reflexões na etapa de *avaliação* da TLS e que inspiraram a realização do *re-design* para o ano seguinte. As cinco questões podem ser apresentadas da seguinte forma:

1. **Problematização de práticas científicas**: Como será descrito a seguir, com a aproximação do NIEHCC aos referenciais da História Cultural da ciência, a TLS foi modificada com atividades que buscaram problematizar as práticas científicas a partir de um estudo histórico-filosófico. Entretanto, a pesquisa realizada em 2013 nos apontou que o próprio reconhecimento de certas práticas como científicas é um desafio primário no Ensino de Física. Assim, as atividades associadas à leitura e à escrita de NHs, a partir de 2015, foram pensadas de forma a promover tal problematização. Assim, resumimos nossas inquietações em uma questão: *A leitura e escrita de Narrativas Históricas, associadas a outras atividades da TLS, explicitaram práticas científicas não comumente associadas à Ciência?*

2. **Discussão sobre práticas científicas**: Não obstante à identificação de práticas científicas, foram pensadas estratégias pedagógicas nas quais essas práticas fossem problematizadas e analisadas de forma dialógica, abrindo espaços para a

reflexão e manifestação dos estudantes. Entendemos que atividades como a promoção de discussões em sala e a proposta de escrita de uma narrativa pelos estudantes são espaços nos quais essas ações podem ser realizadas. Assim, como questão para a pesquisa, destacamos: *Em que medida as atividades da TLS promoveram momentos de discussão e da manifestação da voz dos estudantes capazes de trazer a problematização das práticas científicas ao ensino de Física?*

3. **Interesse na leitura e escrita de NHs**: Um dos potenciais da utilização de NHs no Ensino está em inspirar interesse e curiosidade pelo tema de estudo. O papel do interesse no Ensino de Ciências vem sido tema de pesquisa na literatura (referências) e é considerado pelo NIEHCC como um dos pilares da TLS. Por isso, a cada fase de *avaliação* das TLSs avaliamos se: *A leitura da Narrativa Histórica mostrou-se uma ferramenta atrativa aos estudantes, fomentando interesse e curiosidade ao tema de estudo?* E*m que medida é possível reconhecer no interesse pelas NHs um fator que potencialize o engajamento dos estudantes na escrita de NHs em grupo?*

4. **Epistemologia de conceitos científicos**: As TLS foram construídas a partir do aporte na HCC e com objetivos de se estudar *sobre* a ciência. Entretanto, apesar da dificuldade de se definir o que é um conteúdo científico, reconhecemos que a TLS também deve promover um estudo conceitual, matemático e operacional da ciência, definido a partir do recorte histórico escolhido. Como exemplo, as TLSs realizadas nos três anos tiveram como tema, principalmente, a Mecânica do final do século XVII. Dessa forma, conceitos como *quantidade de movimento, vis viva*, *espaço e tempo* foram objetos de estudo em seus aspectos conceituais, matemáticos e operacionais, levando em consideração as questões epistemológicas e os contextos históricos de suas construções. Entendemos que essa categoria deva ser analisada em duas dimensões: avaliando se a TLS possibilitou ao professor trazer essa abordagem à sala de aula e se as atividades de leitura e escrita realizadas pelos estudantes possibilitaram essa discussão epistemológico. Em vista a analisar esse aspecto da TLS, temos como quarta

questão de pesquisa: *A TLS possibilitou ao professor discutir aspectos epistemológicos da construção de conceitos científicos em sala de aula e aos estudantes estudar esses conceitos a partir da leitura e escrita de Narrativas Históricas?*

5. **Contexto de aplicação**: A pesquisa realizada no ano de 2013, reconheceu desafios, muitos destacados na literatura, em se trabalhar com textos literários no Ensino de Ciências. Todas as TLSs de 2015 a 2018 foram realizadas em turmas de 1° e 2° anos do Ensino Médio. A partir delas, reconhecemos alguns dos desafios pedagógicos que suas atividades apresentaram, como o grau de domínio dos estudantes na leitura e na escrita, o tempo que utilizaram em sala e em casa para realizar as atividades, o tempo disponível pelo professor na avaliação das NHs escritas pelos estudantes e a complexidade do processo de avaliação das mesmas, além da interação dos estudantes ao trabalhar em grupo num processo de escrita criativo. Resumimos essa inquietação em uma questão: *O ler e escrever de NHs se mostrou uma estratégia pedagógica coerente com o seu contexto de desenvolvimento da mesma?*

Essas questões motivaram a *avaliação* dos três anos da DBR. Entretanto, nos anos de 2016 e 2018, a quarta questão recebeu menos atenção. Isso foi devido ao foco da pesquisa ter sido direcionado ao estudo das práticas científicas. Ainda assim, tecemos comentários acerca do potencial das NHs em promover estudos epistemológicos e conceituais, mas somente com o objetivo de enriquecer a análise.

Antes de apresentarmos as considerações sobre a pesquisa de 2013, devemos destacar que utilizaremos novas siglas[5] para referenciar atividades que foram realizadas nos três anos da DBR:

i. NHL: Narrativa Histórica escrita pelo professor e lida em sala de aula pelos estudantes.
ii. NHE: Narrativa Histórica escrita pelos estudantes, como proposto no *Roteiro*.

4.1. – O ano de 2013 - Construção e aplicação

[5] Além de HCC, DBR, TLS e NH.

No ano de 2013, uma pesquisa qualitativa foi realizada sobre uma TLS aplicada com estudantes do 9° ano do Ensino Fundamental em uma escola particular da Zona Sul do Rio de Janeiro. Essa pesquisa foi o tema de uma dissertação de Mestrado, como presente em Schiffer (2013), além de gerar discussões presentes em Schiffer e Guerra (2015). A TLS foi inspirada em autores como Stephen Klassen (KLASSEN, 2010, 2009a, 2009b), Don Metz (METZ et al., 2007) e Stephen Norris (NORRIS et al., 2005), que discutem em suas pesquisas a utilização de Narrativas Históricas (NHs) como ferramenta pedagógica.

Apesar das NHs apresentarem um conteúdo científico, elas são propostas por esses autores não como um texto capaz de discutir conteúdos científicos a serem estudados isoladamente, mas como uma ferramenta capaz de proporcionar levantamento de questões por parte dos estudantes no início de cada tema a ser trabalhado em sala (KLASSEN, 2009a). Importante aqui destacar que a utilização das NHs como ferramenta pedagógica foi adaptada a cada ano da TLS, mas mantivemos esse termo diante da manutenção das suas características centrais durante toda a DBR.

Em 2013, o NIEHCC utilizou de referenciais da História da Ciência[6] e do Ensino de Ciências[7] para construir três NHLs com temas distintos. Para o objetivo dessa tese, nos limitaremos à discussão das atividades relacionadas à NHL intitulada *Eletricidade e Força Vital: a controvérsia Galvani x Volta*. Isto porque essa NHL foi a terceira produzida e aplicada naquele ano e contém em sua análise elementos finais do

6 Exemplos em: BERNARDI, W. The controversy over animal electricity in 18th-century Italy: Galvani, Volta, and others. Revue d'histoire des sciences, 54, 53-70, 2001.; HEILBRON, J. L. Some connections among heroes. History of Science Journal, v. 54, n. 1, p. 11-28, 2001.; HEILBRON, J. L. Weighing Imponderables and other quantitative science around 1800. Historical Studies in the Physical and Biological Sciences, supplement to vol. 24, part I, 1993; KRAGH, H. Confusion and Controversy: Nineteenth-Century Theories of the Voltaic Pile. In Fabio Bevilaqua and Lucio Fregonese (Ed.), Nuova Voltiana studies on Volta and his time. v 1, p. 134-157, 2000. Pavia: Università degli studi de Pavia.

7 Exemplos em: FORATO, T. C. de M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. de A. History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. Science & Education, vol. 1, n. 5, pp. 657-682, 2012; GUERRA, A.; BRAGA, M. and REIS, J. C. History, Philosophy, and Science in a Social Perspective: a pedagogical project. Science & Education, v. 22, n. 6, pp. 1485–1503, 2013; KLASSEN, S. A Theoretical Framework for Contextual Science Teaching. Interchange, v. 37, n. 1–2, pp. 31–61, 2006.

trabalho desenvolvido em 2013. Com o objetivo de sintetizar as reflexões resultantes desse trabalho, serão brevemente apresentadas as etapas da TLS, alguns elementos presentes na escrita desta NHL relacionados aos resultados de pesquisas, a metodologia da nossa pesquisa e alguns dos seus resultados que inspiraram a construção da TLS iniciada no ano de 2015.

A escrita da NHL foi realizada por dois integrantes do NIEHCC (um é o professor que aplicou a TLS), utilizando de ferramentas literárias como *drama* e o *não-falado* (KLASSEN, 2009a) para chamar a atenção dos estudantes ao texto e possibilitar um maior envolvimento com a leitura do mesmo. O tema da NHL girou em torno da controvérsia entre Luigi Galvani (1737-1798) e Alessandro Volta (1745-1827) sobre a existência de um fluido elétrico animal, trazendo discussões sobre o desenvolvimento da pilha voltaica neste cenário e os experimentos realizados publicamente com a aplicação de descargas elétricas em cadáveres de animais e seres humanos (SCHIFFER e GUERRA, 2015). Ao se utilizar de *drama*, foi escolhido como cenário uma demonstração pública desses experimentos, na qual uma das testemunhas (personagem) era a escritora Mary Shelley (1797-1851). Esta escolha foi inspirada pelo prefácio da edição revisitada de 1831 da obra *Frankenstein ou o moderno prometeu* (Shelley, 1999), na qual entendemos que a autora afirma que tais estudos teriam sido a inspiração para a escrita do romance.

Para a seleção dos *eventos* e de como esses seriam apresentados na NHL, foi utilizado o aporte teórico dos estudos em torno a *Natureza da Ciência*, dos grupos que defendem a chamada "lista consensual"[8]. Dessa forma, cada NHL foi construída para representar certo número do que esses autores chamavam de "aspectos da Natureza da Ciência" (em inglês, *tenets*). No caso em questão, foram escolhidos três aspectos: *ciência depende de evidências empíricas; aspectos culturais, sociais e políticos influenciam a ciência;* e *Ciência e Tecnologia não são a mesma coisa, mas geram impactos uma na outra*. Foi pensada uma TLS que explicitasse cada aspecto trabalhado,

8 Exemplos em: LEDERMAN, N.G. e ABD-EL-KHALICK, F.; The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science, Journal of Research in Science Teaching, v. 37, n. 10, pp. 1057-1095, 2000; MCCOMAS, W. F.; Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science, Science & Education, v. 17, pp. 249-263, 2008; OSBORNE, J.; COLLINS, S.; RATCLIFFE, M.; MILLAR, R.; DUSCHL, R.; What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. Journal of Research in Science Teaching, v. 40, n. 7, pp. 692–720, 2003.

entendendo que somente o estudo histórico em si não seria o suficiente para os estudantes reconhecerem tais aspectos da NdC (LEDERMAN e ABD-EL-KHALICK, 2000). Assim, as NHLs compuseram uma estratégia pedagógica para o estudo do tema Eletricidade, buscando responder a uma pergunta de pesquisa: *Em que medida as NHs constituem-se em ferramentas eficazes para o estudo de um tema em Eletricidade numa abordagem histórico-filosófica, possibilitando discussões em torno da Natureza da Ciência que privilegiem a ciência enquanto construção humana*? Para auxiliar a descrição da aplicação da TLS, foi construído um esquema que descreve a ordem seguida para as atividades.

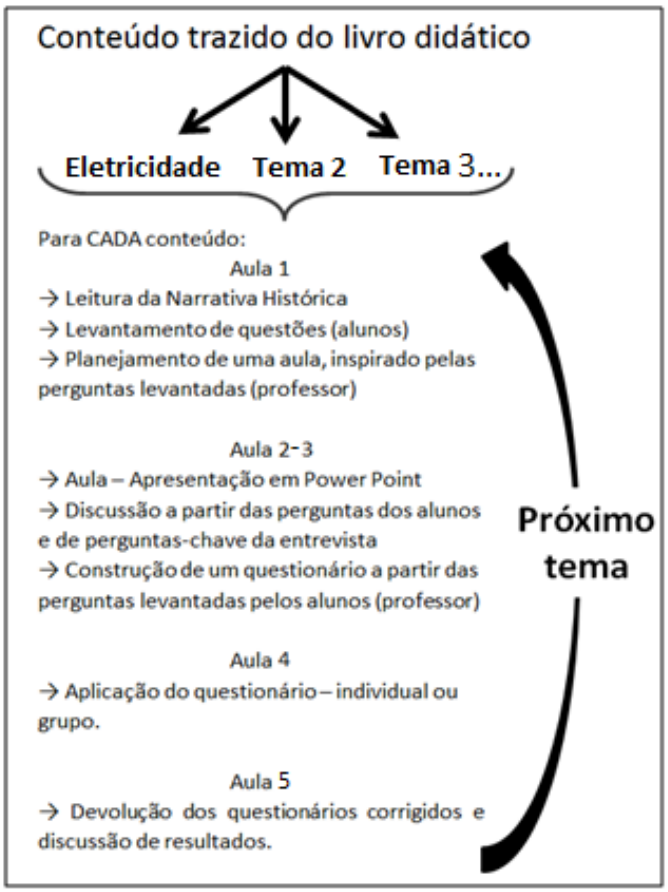


Figura 1: Ordem das Atividades da TLS de 2013

Ao término do estudo de tópicos em Eletrostática, o currículo escolar indicava o estudo de Eletrodinâmica. Na introdução desse tema, a NHL foi entregue aos estudantes para que lessem em casa. Eles foram orientados a levantar e registrar, durante a leitura, três questões sobre quaisquer aspectos do texto, seja sobre o conteúdo científico,

histórico ou sobre algum aspecto literário, por exemplo. Na primeira aula da SD, o professor recolheu as questões trazidas pelos estudantes, entretanto, muitos deles não haviam lido o texto. Apesar desse resultado, a (re)leitura da NHL em sala já estava no planejamento da SD, então, o restante dos estudantes contou com o momento da releitura para ler e levantar questões, que foram recolhidas pelo professor.

Nos resultados da pesquisa desenvolvida em 2013, encontramos o registro de que o levantamento de questões não pareceu motivar os estudantes durante a leitura. Além disso, uma análise não formal realizada pelo professor, cruzando as questões levantadas com perfis de estudantes que tinham muito ou nenhum interesse nas aulas, mostrou que questões muito semelhantes poderiam aparecer em ambos os perfis. Em outras palavras, uma pergunta como *"O que seria esse fluido nervoso?"*, muito recorrente nas questões levantadas pelos alunos, poderia representar o interesse de um estudante curioso, mas também uma resposta "mecânica" de outro frente à obrigação de se levantar três questões durante a leitura. Isso foi interpretado pelo grupo como certa ineficiência do uso das questões levantadas como dados que indicassem o interesse dos estudantes no tema. Ainda assim, encontramos um grande número de questões significativas para inspirar as atividades seguintes. As questões foram recolhidas, categorizadas e analisadas pelo professor.

Como dito anteriormente, o levantamento de questões inspirou as aulas seguintes de forma a tentar responder a curiosidade dos estudantes, auxiliou na construção de um questionário e serviu como dados da pesquisa daquela dissertação. Enquanto as questões eram categorizadas para os dois últimos objetivos, o professor planejou as aulas seguintes, construindo uma sequência de slides apoiada em imagens da época. As *Aulas com Slides* foram realizadas em dois dias (50 e 50 min).



Figura 2: Exemplos de slides utilizados em sala de aula

O foco das questões levantadas pelas três turmas durante as aulas esteve em pontos como a contorção dos corpos de animais resultantes de descargas elétricas ou sobre a possibilidade de reanimação de um cadáver. Apesar dessas características do recorte histórico feito sobre esse tema de estudo terem atraído a atenção dos estudantes, houve um incômodo por parte do professor com a ausência de questões mais associadas ao conteúdo histórico e científico. Em outras palavras, a pesquisa apontou que o aspecto *dramático* presente na NHL chamou a atenção dos estudantes na leitura (HADZIGEORGIOU, 2016; HADZIGEORGIOU et al., 2009), mas essa atenção pode ter ficado limitada aos trechos mais dramáticos do texto.

Nossa pesquisa não esteve voltada a responder se o drama pode ser utilizado pedagogicamente como uma característica em textos narrativos com a capacidade de potencializar os processos de interpretação de um texto em sua integridade (Hadzgeorgiou 2016). Ainda assim, nossos resultados em 2013 nos indicaram que os trechos ou informações de um texto mais dramáticos chamam a atenção dos leitores para eles mesmos, mas não necessariamente para o texto como um todo. Dessa forma, entendemos que um texto que contenha um aspecto dramático deve ser trabalhado com a orientação do professor em sala de aula. Somente sua leitura não é suficiente (SCHIFFER e GUERRA, 2015) para promover os objetivos pedagógicos das atividades desenvolvidas para essa tese, como a problematização das práticas científicas. Como conclusão, esses resultados nos apontaram para a importância de promover atividades que problematizem aspectos específicos do texto e do recorte histórico contido neste, incitando debates sobre tais aspectos onde a participação dos estudantes seja estimulada.

Além do levantamento de questões, a grande maioria dos estudantes apresentou um comportamento apático e, algumas vezes, indisciplinado; apesar de não atrapalhar o andamento das aulas. Iremos destacar duas hipóteses para tal resultado levantadas pelo NIEHCC a partir de relatos do professor sobre o andamento das aulas com todas as turmas. Primeiro, o episódio histórico foi explorado com grande extensão e profundidade (FORATO et al., 2012). A sequência de slides foi longa frente ao tempo disponível, o que pode ter intimidado os estudantes a se manifestar frente à falta de conhecimento sobre o contexto histórico e científico. Dessa forma, a profundidade do conteúdo histórico e científico para estudantes dessa faixa etária teria auxiliado a tornar as aulas monológicas.

Como segunda hipótese, consideramos que aqueles estudantes tinham certas expectativas do que seriam as aulas de Física de um ensino que apresentasse verdades e não aberto a discussões e problematizações (HENKE e HÖTTECKE, 2015; HÖTTECKE e SILVA, 2011). Ao se depararem com uma abordagem histórico-filosófica, suas reações às aulas seriam mais contemplativas do que ativas. Entretanto, deve ser destacado que essas aulas foram realizadas no início do 3° bimestre e que no bimestre anterior o professor já tinha trabalhado com outra NHL, logo os estudantes já tinham alguma experiência com essa abordagem com o mesmo professor.

Inclusive, com o auxílio do diário e relatos do professor, reconhecemos que houve uma diminuição no número de questões descartadas na categorização, o que pode ser associado ao fato de que os estudantes se acostumaram e, aparentemente, apreciaram o trabalho com as NHs. Entretanto, consideramos que apenas quatro meses de prática não se configura como um período tão significativo na mudança da postura dos estudantes com a abordagem.

As questões levantadas pelos estudantes na leitura da NHL foram categorizadas, porém algumas das questões foram descartadas por serem genéricas demais ou incompreensíveis. Esta categorização teve como objetivo apontar ao professor que tipos de perguntas foram levantadas em cada turma e os números de ocorrências em cada categoria, revelando os aspectos do texto para os quais os estudantes deram mais importância. Essas perguntas e sua categorização não serão apresentadas aqui, mas podem ser encontradas na íntegra em Schiffer e Guerra (2013) ou um recorte dos resultados de uma NH em Schiffer e Guerra (2015).

A categorização das questões dos estudantes possibilitou a construção de um questionário, que seria aplicado com os próprios estudantes ao término da TLS. Para essa construção, foram selecionadas 6 dessas questões de acordo com os seguintes critérios: a) maior relevância ao conteúdo do tema em questão; e b) que possibilitassem trazer discussões histórico-filosóficas em sala. Algumas questões tiveram seu formato modificado para facilitar o entendimento por todos os estudantes posteriormente. A essas questões, foram somadas 3 questões construídas pelo professor, totalizando nove questões, com o objetivo de sintetizar certas partes do conteúdo não contempladas pelas questões construídas pelos estudantes.

Após as aulas com os slides, o professor dividiu o grupo em duplas e entregou os questionários para que fossem resolvidos em sala. Na etapa final da SD, os questionários, corrigidos e avaliados entre aulas, foram entregues as duplas e foi aberta uma discussão entre todos sobre a avaliação feita pelo professor desses questionários, centrado nas questões em que os estudantes tiveram maior dificuldade.

Nos registros do professor, reconhecemos que os estudantes das três turmas obtiveram resultados bastante satisfatórios nos questionários, com pouca diferença entre a média das turmas. Em sete das nove questões, encontramos um número de questões avaliadas como corretas maior que 60% de todas as respostas das três turmas. Apesar de não serem trazidas considerações sobre o conteúdo específico das respostas, basta destacarmos esse resultado como uma ilustração de que a SD parece haver promovido discussões sobre a Ciência e um estudo do conteúdo científico mais que satisfatório.

Nas discussões sobre os resultados do questionário, o professor escolheu cerca de 7 questões, diante do tempo disponível, e pediu a um grupo para falar sua resposta alto para todos. Em seguida, era pedido aos outros grupos para que corrigissem ou complementassem a resposta do primeiro grupo. Em todas as turmas encontramos um cenário parecido com as A*ulas com Slides*. Os estudantes ficaram muito dispersos enquanto um grupo falava, pouco contribuíram com as outras respostas e o andamento da aula foi arrastado e, de acordo com o professor, pouco frutífero em relação à qualidade das discussões geradas. No caderno de registro do professor, encontramos textos que apontam que, em sua opinião, essa discussão final tornou-se um momento de repetição das respostas e pouco aprofundamento, diante da falta de motivação dos estudantes para com um questionário "já resolvido".

4.1.1 – Resultados de 2013: caminhos para a TLS em 2015

A partir do término da SD de 2013, nosso grupo realizou uma pesquisa qualitativa (BOGDAN e BIKLEN, 1994) sobre os dados coletados, utilizando referenciais do Ensino de Ciências, da História da Ciência e da Literatura para responder nossa pergunta de pesquisa. Esse trabalho resultou na publicação da

Dissertação de Mestrado em 2013, do artigo Schiffer e Guerra (2015) e inspirou a construção dessa tese de Doutorado. Assim, além dos resultados já comentados acima, será apresentado um resumo de como esses resultados inspiraram a construção da TLS realizada entre 2015 e 2018.

Para auxiliar o leitor, podemos sintetizar essa parte em quatro tópicos centrais que foram discutidos na pesquisa: a) a interpretação e o envolvimento na NHL; b) surgimento de críticas em relação ao referencial da NdC e a escolha pelo aporte na HCC; c) a necessidade de atividades mais explícitas, dinâmicas e dialógicas associadas à NHL, nas quais os estudantes sejam protagonistas no processo; e d) uma análise sobre a aplicabilidade da SD, levando em consideração o contexto escolar.

a) A interpretação e o envolvimento na NHL

A leitura das NHLs nas três ocasiões do ano letivo foi avaliada à época como tendo transcorrido sem problemas e o nível de dificuldade da mesma aparentou adequado para o nível escolar. Ainda assim, durante as atividades foi reconhecido que alguns estudantes não haviam interpretado partes da NHL da forma proposta pelo professor. Na busca de compreensão desses resultados, encontramos Herman (2009) e Bruner (1986, p. 5) que defendem que, apesar de existir um sentido proposto na escrita de um texto, o mesmo pode ser lido de múltiplas maneiras. Logo, entendemos esse resultado como a indicação de que para possibilitar o estudo dos aspectos da NdC, somente a leitura da NHL não é suficiente (DIONISIO, 2005). Então, a primeira modificação para a aplicação em 2015 foi o modo como o professor encaminhou a leitura da NHL. A leitura foi realizada pelo professor com a participação de alguns estudantes voluntários, e, ao término, os estudantes foram questionados pelo professor sobre o entendimento do texto. O objetivo era que ao longo desse questionamento surgisse uma discussão que explicitasse para a turma pontos nos quais houve dificuldade de interpretação do texto.

A categorização e análise realizada sobre as questões levantadas pelos estudantes ao longo da leitura da NHL de 2013 nos levou a mais duas modificações para a TLS. Primeiro, foi proposto aos estudantes levantar de uma a cinco questões, ao invés de três obrigatórias. Assim, o número de questões levantadas por estudante se tornou um dado que pode ser estudado como um dos representantes do interesse e curiosidade pelo texto. Porém nessa análise, não deixamos de considerar a questão da complexidade das perguntas construídas pelos alunos, pois os mesmos poderiam produzir uma única

questão profunda e complexa, indicando o envolvimento com a NHL e com a temática trabalhada.

Em resumo, a análise das etapas de leitura e formulação de questões levou-nos a reformular para 2015 a leitura inicial da NHL, que foi realizada em voz alta com a participação do professor. Após a leitura, os alunos tiveram um tempo individualmente com a NHL, para levantar de 1 a 5 questões relativas a dúvidas e curiosidades surgidas a partir da leitura.

b) Surgimento de críticas em relação ao referencial da NdC e a escolha pelo aporte na HCC

Ao longo das análises da pesquisa de 2013, o NIEHCC, trabalhava sobre os referenciais teóricos da área de ensino da ciência sobre Natureza da Ciência, que subsidiavam as pesquisas empíricas do grupo. Nesse caminho, o NIEHCC abandonou os referenciais da lista consensual em Natureza da Ciência, na busca de leituras que favorecessem uma visão do empreendimento científico mais dinâmica, complexa e cultural. Isso nos levou a aprofundar discussões sobre a ciência e de historiografia da História da Ciência. Em relação à historiografia encontramos autores cujas obras são associadas à área da História Cultural da Ciência (HCC), como foi apresentado no Capítulo 1[9].

Dessa forma, nos afastamos da proposta de ensino de *tenets* pré-definidos para privilegiar o estudo das práticas científicas, com o objetivo de potencializar nas aulas de Ciências reflexões sobre a complexidade da ciência e seu caráter cultural. Nesse processo, enfrentamos um desafio pedagógico frente à existência de poucas publicações na literatura que articulem a HCC com a prática dentro de sala de aula e pelo afastamento das propostas que utilizam os *tenets*, que tem como característica uma estrutura bem definida "do que ensinar sobre a Ciência". Assim, partimos do pressuposto que, para possibilitar o estudo das práticas científicas com o objetivo de destacar seu caráter cultural, deveríamos construir a TLS com atividades de caráter reflexivo e dialógico, trazendo o estudante a um papel de protagonista nesse processo.

Em via de responder a esse desafio, nos inspiramos em Metz e companheiros (2007) quando os autores propõem a utilização de histórias interrompidas. Isto é, quando um

9 Trabalhos de autores como Galison (1987), Burke (2011), Ginzburg (2017), Pestre (1996), Pimentel (2007), Videira (2012), Gavroglu (2007)

educador trabalhar com histórias no geral, como NHs, anedotas, ou storytelling (HEERING, 2013), que essas sejam interrompidas em certos momentos para que sejam levantadas questões sobre o texto aos ouvintes. As questões devem ter o propósito de levar os ouvintes (estudantes) a pensarem quais seriam as próximas ações dos personagens do texto.

Em relação ao desafio de abandonar os *tenets*, nossos estudos sobre a Natureza da Ciência nos levaram ao encontro de Clough (2009) e Martins (2015) e as propostas desses autores para um ensino *sobre* a ciência não pautado em modelos estruturados e *tenets* assertivos sobre como o conhecimento científico é produzido. Os autores propõem que sejam desenvolvidas atividades pedagógicas inspiradas em *questões* que possibilitem reflexões sobre características da produção do conhecimento científico, considerando diferentes áreas da ciência e o contexto histórico no qual foi produzido. Apesar desses autores não associarem suas propostas ao referencial da HCC, o NIEHCC entendeu que nas questões propostas por eles há uma concepção de Ciência que ecoa com o aporte na HCC e, logo, um potencial de trazer problematizações à prática científica em sala de aula.

Inspirados nos trabalhos descritos acima, a cada Momentos de Interrupção (MI) (METZ et al., 2007), foram trazidas questões, para os estudantes responderem com o objetivo de levantarmos discussões sobre as práticas científicas. Como as NHLs construídas até aquele momento não foram pensadas para apresentarem MIs, entendemos que uma nova NHL deveria ser construída. Isso será descrito na próxima sessão, na descrição da etapa de *seleção do tema* para o ano de 2015.

Ainda sobre a NHL utilizada em 2013, a utilização de ferramentas literárias em sua construção (KLASSEN, 2009) foi vista como essencial, pois entendemos que o envolvimento dos estudantes com o tema foi potencializado dessa forma. Por exemplo, ferramentas como a *estrutura* da narrativa e o *não-falado* foram centrais dentro da proposta pedagógica, por ilustrar "lacunas" que pudessem potencializar a construção de questões por parte dos estudantes.

A forte presença de *drama* na NHL foi um ponto de debate no NIEHCC. Os resultados da nossa pesquisa de 2013 apontaram que, apesar de cativar e suscitar o interesse dos estudantes, parte da atenção fora direcionada para aspectos particularmente dramáticos do texto e que fizeram com que a SD tomasse mais tempo

que o planejado. Em outras palavras, entendemos que a partir da presença de *drama* na NHL, sua leitura deveria ser administrada pelo professor em sala de aula, para que surgissem debates inspirados pela curiosidade dos estudantes, mas não perdendo o foco nas discussões previamente planejadas na TLS. Isto é, apesar das questões levantadas pelos estudantes inspirarem modificações na SD, decidimos dar maior atenção às discussões sobre certas práticas científicas pré-definidas no planejamento inicial, facilitando a atuação do professor em organizar as discussões.

O impacto do uso de *drama* nos levou a concluir que era importante mantermos sua utilização na construção da nova NHL.

c) A necessidade de atividades mais explícitas, dinâmicas e dialógicas associadas à NH, nas quais os estudantes sejam protagonistas no processo

A maior mudança na SD de 2013 para a construção da TLS foi o acréscimo da proposta de escrita de uma narrativa por parte dos estudantes. Apesar de encontrarmos exemplos na literatura, em que é proposto aos estudantes realizarem produções textuais no Ensino de Física (HADZIGEORGIOU, 2016; PILIOURAS et al., 2010, GURGEL e WATANABE, 2017), encontramos poucos trabalhos nos quais é proposta a escrita de um texto narrativo (GURGEL e WATANABE, 2017; GURGEL, 2010). Essa modificação para a TLS nasce da inquietação apresentada acima de promover atividades problematizadoras capazes de promover um estudo crítico das práticas científicas.

A partir da própria experiência que o NIEHCC teve em escrever as NHLs, enxergamos na leitura e também na escrita de uma narrativa por parte dos estudantes (NHE) caminhos para desenvolver reflexões e promover debates sobre a ciência. Entendemos que isso significa que a escrita de uma NH fez com que os autores, professores ou estudantes, se envolvessem com o tema estudado e se sentissem motivados a aprofundar as pesquisas, levantando questões sobre a produção científica com a narrativa final. Além disso, através da pesquisa necessária para a escrita de NHLs que abordassem práticas científicas, novas práticas foram identificadas e outras apresentaram uma maior relevância. Por exemplo, encontramos mais informações sobre a prática da troca de cartas entre filósofos naturais nos séculos XVII e XVIII, e houve o reconhecimento da importância do trabalho de figuras consideradas mais periféricas na comunidade científica.

Como nossos resultados apontaram que somente a leitura de NHLs não foi suficiente para promover o estudo de práticas científicas, proposta da escrita da NHE foi entendida como uma atividade com capacidade e gerar estudo e discussões sobre a produção científica, problematizando práticas, e possibilitando uma compreensão do tema de estudo de forma mais didática, humana e significativa (GURGEL e WATANABE, 2017; BRUNER, 1990; HERMAN, 2009). Isto porque a construção de uma narrativa requer dos alunos refletir sobre caminhos para compor o cenário, os personagens, o narrador entre outros elementos literários, além de poder suscitar ensejo de pesquisas para aprofundar temas escolhidos para compor a narrativa.

Para a escrita da NHE, os estudantes foram estimulados pelo professor, como discutiremos na descrição das TLSs, a realizar pesquisas sobre o recorte histórico escolhido. Os textos finais produzidos pelos estudantes foram analisados na etapa de *avaliação* de cada TLS buscando identificar como os estudantes pontuavam práticas científicas destacadas em sala e como essas práticas se relacionavam aos aspectos históricos estudados.

Como a pesquisa dos estudantes poderia utilizar de fontes diversas e houve pouca orientação, por parte do professor, sobre as fontes a serem consultadas, um aspecto incluído foi analisar a relação das fontes de pesquisa nas reflexões sobre a produção de conhecimento científico e nas discussões realizadas em sala. Em outras palavras, primeiro buscamos reconhecer se houve concordância, contraste ou conflito entre as discussões feitas em sala de aula com o aporte da HCC e o modo como as fontes consultadas apresentassem o empreendimento científico. Em seguida, buscamos levantar nas discussões realizadas em sala e nas narrativas produzidas pelos grupos se estes realizaram uma análise crítica em algum nível sobre as fontes que encontravam durante a pesquisa.

d) A análise sobre a aplicabilidade da SD, levando em consideração o contexto escolar.

Por fim, a pesquisa feita em 2013 concluiu que a aplicabilidade da SD no contexto do 9° ano do Ensino Fundamental foi bastante satisfatória por cumprir com os nossos objetivos pedagógicos pré-estabelecidos. Apesar de não ter sido foco da Dissertação de Mestrado, nos relatos do professor houve considerações sobre os resultados de avaliações formais dos estudantes, como as provas bimestrais. Em comparação às

práticas pedagógicas realizadas com outras turmas em anos anteriores, nos quais não houve uma abordagem histórico-filosófica, o professor relatou que os critérios em avaliações formais e os resultados dos estudantes não diferiram significativamente com os mesmos nesse ano de 2013. Essa análise não foi sistemática, mas baseada em uma comparação feita pelo próprio professor entre 2013 e dois anos anteriores (2011 e 2012).

Apesar de reconhecermos que essa análise pode ser questionada, foi concluído que, além da SD possibilitar o estudo *sobre* a ciência (MOURA e GUERRA, 2016), o professor foi capaz de promover o estudo do conteúdo científico presente no currículo. Além disso, a NHL inspirada por um conteúdo científico e histórico foi coerente com o nível de ensino, apesar do nível de domínio daqueles estudantes em interpretação de textos.

4.2 – Contextualizando a pesquisa

Antes de iniciar essa descrição, iremos apresentar o contexto em que a pesquisa, nos anos 2015, 2016 e 2018, ocorreu. Apresentaremos o perfil do professor e do grupo de pesquisa em que o mesmo se insere, além de aspectos gerais da escola em que a pesquisa foi desenvolvida.

Ao longo desses três anos o professor que também atuou como pesquisador do grupo de pesquisa escreveu um diário de campo. As informações apresentadas a seguir foram retiradas das anotações do diário do professor, que incluíram opiniões pessoais e informações provenientes de conversas com departamentos e coordenações da instituição onde a pesquisa foi realizada. Dessa forma, para apresentar o professor que capitaneou a DBR e seu grupo de pesquisa, primeiro será destacado um trecho do seu diário de campo, no qual ele faz uma análise do seu percurso acadêmico e profissional desde o término da graduação até ingressar no CEFET e no doutorado. Em seguida, apresentaremos a escola.

> Após a licenciatura em Física, a escolha por um curso de Mestrado Acadêmico parecia um caminho necessário para um professor no Rio de Janeiro. Ainda assim, em

qual área de pesquisa e para qual instituição eu iria me candidatar não foram decisões triviais. Devo destacar que, nesse momento, eu havia aprendido pouco sobre aspectos institucionais, legais e políticos da minha profissão. Isto é, eu pouco conhecia as instituições de ensino pela minha cidade, conhecia pouco as legislações em educação no país e havia me envolvido menos ainda com colegiados, sindicatos ou qualquer outra instância, em que houvesse participação ou debates políticos sobre educação. Eu não saberia dizer se fui o responsável por essa ignorância ou se a minha trajetória escolar e acadêmica havia contribuído para esse cenário.

Assim, a escolha pelo Mestrado no CEFET/RJ foi a partir da indicação do meu ex-orientador na faculdade, pois me formei pouco antes do processo de seleção. Entrei, escolhi seguir os estudos em História, Filosofia e Sociologia da Ciência após me apaixonar pelas leituras da área. Em todo o processo do Mestrado, senti a dificuldade comum associada à pesquisa e escrita, mas que foi facilitada pela boa orientação que tive dos professores, orientadora e de companheiros no percurso. Ali se iniciava uma união maior, que foi consolidada por uma série de alianças entre alguns dos que ainda estavam cursando o Mestrado, os recém-ingressados no curso e outros que já haviam defendido e buscavam continuar suas pesquisas com objetivo em cursar um Doutorado.

Houve um hiato entre a defesa da minha dissertação e o processo de seleção para o Doutorado, pois fui aprovado por concurso para ser professor do Ensino Médio e Técnico do próprio CEFET/RJ. Com a carreira mais estabilizada e um Mestrado realizado, era a hora de buscar o Doutorado. Durante esse hiato, o grupo de pesquisa Núcleo de Investigação em Ensino, História da Ciência e Cultura (NIEHCC) foi formado, sendo liderado pela minha ex-orientadora. Durante certo tempo eu soube da sua existência, mas estava me dedicando à instituição na qual havia recém integrado. Alguns meses depois, recebi o convite e sabia que a participação nesse grupo seria primordial para minha formação como profissional, mas não esperava o mesmo efeito na minha formação como cidadão.

Ainda me pergunto qual o efeito das nossas leituras sobre História e Sociologia da Ciência na minha decisão tão assertiva. Isto é, reconhecer que ciência se faz em comunidade, que um professor pode e deve atuar como pesquisador e que isso é potencializado dentro de um grupo de pesquisa foi um entendimento construído durante o curso de Mestrado, com suas leituras e pessoas envolvidas.

Após mais de 2 anos da minha entrada no NIEHCC, há certas análises que podem ser feitas. De forma mais breve, posso dizer que as reuniões foram centrais para minha aprendizagem como professor e para a pesquisa para minha tese. A seleção de material de estudo, a constante leitura e as discussões em grupo possibilitaram aos integrantes abranger um vasto referencial teórico em História da Ciência, o que nos levou aos estudos da História Cultural da Ciência. Também pesquisamos diversos referenciais metodológicos, já que a maioria dos integrantes é professor atuante e optou pela realização de, ao menos em parte da tese, uma pesquisa empírica em suas salas de aula.

Dessa forma, parte do grupo voltou-se ao referencial metodológico da Design Based Research e participou como pesquisadores do meu projeto de tese. Com reuniões semanais, foi possível trazer os avanços, desafios, obstáculos e inovações para a construção da minha pesquisa. Do desenho da proposta de intervenção em sala de aula, até a análise dos dados, os integrantes do NIEHCC foram participantes ativos e contribuíram nas decisões de quais caminhos tomar.

Por fim, o grupo não limitou seus estudos a objetivos puramente "acadêmicos" ou com o único objetivo de concluir o curso e obter o diploma. Durante esses dois anos houve forte engajamento do grupo em discussões sobre três aspectos: a Educação no Brasil, o papel do professor a nível político e seu papel como pesquisador. Eu acredito que esses três aspectos são muito importantes para minha atuação como profissional da Educação.

Primeiro, nos últimos anos o país vem passado uma situação complicada na dimensão política e econômica, o que acarretou medidas políticas drásticas na Educação do País, como grandes cortes em orçamento e as diversas tentativas de mudança da Base Nacional Curricular e de Reforma do Ensino Médio. Independente do posicionamento do grupo, estar engajado em debates semanais foi importante para estar atualizado nos eventos que ocorriam no país e em formar uma opinião bem fundamentada sobre os mesmos. Isso se intensifica ao considerarmos o contexto escolar do CEFET, onde muitos alunos são engajados em grupos de discussão política, étnica, racial e em manifestações públicas. Isso teve um reflexo direto na minha atuação em sala de aula, pelos debates levantados pelos estudantes. Também acreditamos que teve impacto indireto pela influência que certas concepções de caráter científico, como a

interpretação do conhecimento de especialistas como “verdades”, têm sobre o posicionamento político dos estudantes.

Isso se relaciona ao segundo ponto levantado, pois as pesquisas realizadas pelo NIEHCC levantaram questões para debate sobre o papel do professor como educador e como formador de cidadãos. O aporte na História Cultural da Ciência alimentou essas discussões, pois possibilita promover o estudo sobre como o conhecimento científico é produzido e entende-lo como uma produção cultural. Nossos debates tangenciaram aspectos educacionais, como a seleção do currículo, e as metodologias utilizadas em sala de aula na busca de trazer o estudante para uma posição de protagonista no ensino. Assim, o grupo se voltava a um Ensino de Ciências para a formação de um cidadão capaz de opinar ou participar em questões de caráter sócio científico.

E como conclusão desses dois aspectos, o NIEHCC busca desenvolver pesquisas que suportem a atuação de professores de Ciências como pesquisadores. Essa seria uma forma de, não somente contribuírem para o conhecimento em Ensino, mas também de se manterem em centros de discussão, informados e atuantes a nível pedagógico e político.

Pelos motivos citados acima, entendo que minha atuação profissional hoje seria limitada, caso eu não houvesse ingressado no NIEHCC. Devo também destacar o lado humano do grupo, pois estar presente de outros professores-pesquisadores tão engajados nas questões destacadas acima é, além de prazeroso, extremamente motivador.

Nesse recorte, reconhecemos seu histórico, sua admissão na instituição de ensino CEFET, seu ingresso no grupo NIEHCC e a importância que ele dá à sua participação no grupo. Ainda assim, informações adicionais sobre o NIEHCC devem ser destacadas. Suas reuniões semanais foram iniciadas no ano de 2014 com estudantes de pós-graduação e ao longo de quatro anos o número de participantes cresceu de cinco para quinze. A grande maioria dos participantes está envolvida com a sala de aula, isto é, são professores atuantes, ao mesmo tempo em que realizam pesquisas de Mestrado e Doutorado, através das quais são produzidos trabalhos acadêmicos na literatura e em eventos de Ensino de Ciências e História da Ciência[10].

[10] https://niehcc.wordpress.com/

Continuando a contextualização da pesquisa, algumas considerações devem ser feitas sobre o CEFET, campus Maracanã, onde a pesquisa foi realizada. O Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow é uma das instituições de ensino técnico mais antigas do Brasil. Muito mudou desde sua fundação, então, apresentaremos algumas informações sobre a instituição nos anos nos quais a pesquisa foi feita. A instituição localiza-se em um ponto de fácil acesso na cidade do Rio de Janeiro, pois contém uma estação de trem e uma de metrô ao seu lado, além de vias rodoviárias de grande circulação de ônibus. Em seu website encontramos informações técnicas sobre o campus Maracanã:

> Ocupando um terreno de 34.382m^2, o *campus* dispõe de 64.818m^2 de área construída, subdivididos em dois *campi*, 11 blocos e seis pavilhões. São 72 salas de aula, 166 laboratórios e oficinas, nove auditórios, uma biblioteca, duas videotecas, um complexo esportivo com quadras, ginásio, piscina e pista de atletismo, entre outros espaços de natureza educativa. Além de salas destinadas à administração superior, a atividades técnicas e administrativas, a serviços para a comunidade interna (restaurante, cantina, papelaria, agências bancárias) e a entidades representativas dos diferentes segmentos dessa comunidade, funcionam, também, um centro de recursos didáticos, uma gráfica e uma unidade de atendimento médico-odontológico.
> (http://www.cefet-rj.br/index.php/maracana)

O CEFET/RJ sempre ofereceu um ensino técnico, totalizando 11 cursos[11] para mais de 2.000 estudantes e desde 2014 instituiu uma nova organização para todos os cursos, o chamado Ensino Técnico Integrado. Todos os cursos passaram a ter duração de 4 anos e o currículo composto por disciplinas técnicas e propedêuticas, distribuídas por toda a duração do curso.

O ingresso na instituição consiste em um conjunto de provas classificatórias, abrangendo as áreas de conhecimento da Base Nacional Comum dos Currículos do Ensino Fundamental. O formato de ingresso conta com cotas destinadas a estudantes oriundos "de Escola da Rede Pública (RP)/ renda familiar inferior a 1,5 Salário Mínimo Nacional(RF)/ autodeclararam ser Negros, Pardos ou Índios(N/P/I)" segundo o edital de seleção.

Existem demandas diferentes de estudantes para cada um dos dez cursos oferecidos. Entretanto, os quatro cursos que participaram da DBR não apresentam

[11] Eletrônica, Eletrotécnica, Telecomunicações, Administração, Segurança do Trabalho, Turismo, Informática, Mecânica, Edificações, Estradas e Meteorologia.

grandes diferenças na concorrência para entrar no CEFET e, numa visão geral, os estudantes ingressados por cotas que participaram durante os três anos não apresentaram diferenças significativas em seus resultados acadêmicos. Dessa forma, essas informações são apresentadas de forma a possibilitar uma compreensão do contexto escolar, mas não com o objetivo de diferenciar o potencial acadêmico dos estudantes.

A pesquisa foi desenvolvida em quatro cursos: Eletrônica, Eletrotécnica, Telecomunicações e Turismo. Todos os cursos tinham sua grade horária no turno vespertino, apenas com algumas disciplinas oferecidas no contra turno (matutino). Nos três primeiros cursos a disciplina de Física está presente nos quatro anos, com três tempos de aula semanais por ano. O curso de Turismo, como alguns outros do campus, contém uma carga de aulas de Física diferente, apresentando a disciplina somente em dois dos quatro anos de formação (2° e 3°), com três tempos semanais. Contrário aos três primeiros cursos, o curso de Turismo não tem um professor de Física específico para o laboratório. No caso dos cursos que possuem um professor específico para Laboratório, as atividades laboratoriais ocorrem a cada 3 semanas.

As quatro salas de aula se mantiveram as mesmas durante a DBR. Em todas as salas, a iluminação, a acústica, a temperatura e o espaço disponível foram adequados durante os três anos da pesquisa. Todas dispunham de um quadro branco e de projetores e cabos de vídeo e de internet para conectar laptops.

O professor manteve, durante todo o ano letivo, uma boa relação pessoal com as turmas. Durante os três anos de aplicação da pesquisa não houve questões disciplinares relevantes. Sua idade (em torno de 30 anos) e a vontade de atuar no Ensino Médio são vistos como fatores importantes para essa relação. Sua relação com a turma também foi construída fora de sala, nos ambientes da escola, onde houve uma proximidade que o possibilitou desenvolver uma maior compreensão das dificuldades que aqueles estudantes enfrentavam no primeiro ano de ingresso na escola. Acreditamos que isso se deve ao seu regime profissional de Dedicação Exclusiva, o que mantinha sua carga horária associada à sua prática pedagógica em torno de 20 horas semanais, possibilitando estar e transitar no CEFET em diferentes horários.

Com o contexto da pesquisa delineado, nos próximos três capítulos descrevemos nossos referenciais teórico-metodológicos que inspiraram nossa pesquisa, da construção das intervenções em sala de aula à coleta e análise de dados.

4.3 – O primeiro ano da TLS (2015)

A partir das considerações apresentadas acima, será descrita a (re)construção da TLS que teve início no ano de 2015. Para a descrição de cada ano da DBR, será detalhada cada etapa do processo: *seleção do tema e os princípios de design*, *o design*, a *implementação*, a *avaliação* e o *re-design.*

4.3.1 – A Seleção do tema e os princípios de design

A seleção do tema foi limitada tanto pelo currículo escolar das turmas nas quais a TLS foi aplicada, mas também pelo tempo disponível para a escrita da nova NHL. Como o NIEHCC iniciou o processo de escrita no começo do segundo bimestre de 2015, foi selecionado um tema em Mecânica que seria trabalhado no terceiro bimestre por todas as turmas do professor.

Na organização dos conteúdos, determinadas pelo colegiado de Física da instituição e previstas para o estudo da Mecânica, estava presente, para o terceiro bimestre, o estudo sobre Quantidade de Movimento e Impulso, que vinha em sequência ao tema Leis de Newton, estudado no segundo bimestre. Assim, a figura de Gottfried W. Leibniz (1646-1716) foi escolhida como personagem central da NHL. Essa escolha deu-se pela sua forte presença em discussões sobre conceitos como *quantidade de movimento, espaço e tempo* newtonianos, e pela sua proposta do conceito de *vis viva* no final do século XVII.

Além disso, Leibniz foi personagem central na disputa pela primazia do Cálculo Diferencial contra Isaac Newton (1642-1727). Apesar da escolha de um personagem central para compor a NHL, buscamos não centrar a apresentação em um caráter personalista, voltado a estudar somente sua produção como se estivéssemos

promovendo uma visão de “cientista gênio”. Assim, focamos em certas práticas científicas que o próprio Leibniz realizava e que eram comuns ao seu contexto histórico.

Algumas práticas científicas foram escolhidas para serem identificadas e problematizadas a partir dessa NHL. Por exemplo, o modo de organização de filósofos naturais para a troca de informação e para a avaliação do trabalho de pares com o objetivo de validação do conhecimento produzido, representado pela inauguração das primeiras academias científicas no século XVII. Com essa prática, buscamos levantar debates com os estudantes sobre a forma como a produção científica se institucionalizou e foi administrada por uma comunidade científica majoritariamente europeia no século XVII. Assim, trouxemos às aulas o estudo da importância política, financeira e social dessas instituições na época, além de destacar a influência política de certas figuras dentro desse cenário, como Newton na disputa pela primazia do Cálculo Diferencial.

Outra prática destacada foi o papel da leitura de obras de outros filósofos naturais (ou de outros autores), mas também da escrita na produção de livros, artigos e cartas. Buscamos debater a importância da frequência na escrita e do processo de construção e aprendizagem de uma linguagem específica dentre a comunidade científica. Essa linguagem apresentava uma importância para se comunicar com pares ou então para a divulgação de ideias a um público mais amplo. Nesse ponto, voltamos a debater o papel das instituições científicas como um dos locais onde essa linguagem é formada e um dos principais alvos dos escritos de filósofos naturais nos séculos XVII e XVIII.

Uma prática de comunicação muito comum na época foi a troca de cartas. Assim, esse elemento encontrou espaço especial nas atividades da TLS, pois foi uma prática que sintetizava a importância da escrita e da comunicação entre filósofos naturais e outros atores para o fortalecimento de suas produções acadêmicas, de forma a se estabelecer dentro da República das Letras (BROCKLISS, 2013).

Dessa forma, um dos princípios de design da nossa DBR está na escolha do aporte na HCC para o Ensino de Física como estratégia que possibilite uma educação em Ciências consciente do caráter humano, local e temporal da mesma. Para atingir esse objetivo, entendemos que a identificação, problematização e estudo das práticas científicas é um possível caminho.

O segundo pilar dos nossos princípios de design está na leitura e escrita de narrativas como estratégia pedagógica capaz de proporcionar a problematização de práticas científicas de forma mais memorável, contextualizada e significativa, sem deixar de lado o estudo epistemológico e matemático dos conceitos científicos presentes no currículo. O potencial dessa estratégia não está só no tamanho, formato e linguagem das NHLs ou nas ferramentas literárias utilizadas para escrevê-la, mas na sua utilização através de atividades pedagógicas que potencializem a interpretação do texto e auxiliem os estudantes no processo de escrita de uma narrativa sobre a produção científica. Assim, buscamos estratégias para que a NHL não fosse abandonada durante a TLS. Além disso, foram pensadas atividades nas quais os estudantes fossem protagonistas. Em seguida, será apresentado como a TLS foi desenhada para a primeira aplicação, em 2015, a partir dos princípios de design definidos.

4.3.2 – Design

A nova NHL da TLS de 2015, com destacado anteriormente, foi construída contendo MIs. Assim, ela contém três partes, cada uma com um subtítulo próprio: *Um almoço com a nobreza, A carta incompleta* e *Uma controvérsia matemática.* Cada uma das partes continha uma página e foi pensada de forma a conter algumas características, como: apresentar a cronologia do recorte histórico, explorar certas práticas científicas e apresentar situações que inspiraram as questões apresentadas nos MIs. Foi mantida a indicação para que os estudantes registrarem dúvidas e curiosidades sobre o texto, com vistas a entregar essas anotações ao professor ao término da leitura.

Em seguida, seriam realizados os MIs. Algumas das questões dessa atividade foram inspiradas em Martins (2015) e outras foram construídas pelo professor sem relação direta com esse trabalho. Apesar de ser pedido aos estudantes, que estavam divididos em grupos durante a leitura em sala, para registrarem as respostas dessas questões após a leitura, o objetivo com essa etapa de construção de respostas era gerar reflexões e debate nos grupos e não esperar respostas pré-definidas como “corretas”.

A primeira parte da NHL, *Um almoço com a nobreza* (Apêndice I), teve a função de introduzir o leitor na vida de Leibniz e seu contexto histórico. Fora isso, a leitura apenas dessa parte no início foi entendida como um caminho para tornar os estudantes familiarizados à atividade com NHs, visto que o texto era pequeno e com poucas informações, quando comparada à NHL de 2013. A primeira e a segunda questões apresentadas ao término dessa parte foram: *I. O local onde uma pessoa nasce auxilia a definir suas decisões de vida? E suas origens familiares? II. Qual é a importância da leitura para a vida de alguém? Ilustrem exemplos*. Essas questões buscaram promover reflexões sobre a importância do contexto histórico e da prática de leitura nas condições de vida e na profissão de alguém.

A terceira (e última) questão foi apresentada dessa forma: III. *É possível que áreas consideradas distintas, como o Direito e a Física (ou Filosofia, Teologia, Biologia, Química,...), gerem influências na(s) outra(s)? Em que grau? Como vocês relacionariam algumas dessas áreas? Cite um exemplo.* O objetivo da terceira questão foi levar os estudantes a refletir sobre o fato de que em qualquer profissão há a influência de diferentes áreas de conhecimento. Entendemos que as interpretações do texto e das respostas às questões são atos pessoais e que essas questões possibilitam aos estudantes reflexões que podem vir a desenvolver uma visão mais complexa da ciência e do cientista, começando a desmitificar a visão de cientista gênio isolado que necessita somente de um arranjo de conhecimentos bem definidos.

Em *A carta incompleta* (Apêndice III) encontramos o personagem Leibniz já adulto e bem reconhecido na comunidade científica, diante da sua posição social, profissão e vasta produção de textos, livros e cartas. Além disso, é destacado que sua ascensão profissional o possibilitou viajar por muitos países europeus e, assim, se encantar com a intensa "vida científica e intelectual, principalmente de Paris" (Apêndice III).

Na NHL, Leibniz está envolvido com a escrita de uma suposta carta a ser destinada ao filósofo natural holandês Christiaan Huygens (1629-1695), que à época residia em Paris, na França. Nessa carta, encontramos, nas entrelinhas do debate entre Leibniz e Huygens, uma grande quantidade de informações associadas à produção de conhecimento sobre Mecânica da época, tais como: uma referência às críticas de Leibniz ao conceito defendido por Descartes e Huygens, a *quantidade de movimento*; a

busca de Leibniz pela "real medida do movimento", a partir de suas críticas ao caráter vetorial da *quantidade de movimento*; a proposta de Leibniz de uma nova grandeza ideal como a real medida do movimento, a *vis viva*; comentários acerca da suposta conservação dessas duas grandezas em colisões elásticas e inelásticas; e o suporte de suas afirmações em alguns preceitos filosóficos, como trechos de sua fala que remetem ao seu Princípio da Razão Suficiente e sua defesa de uma grandeza imaterial presente na matéria (a vis viva), como crítica ao pensamento materialista.

Na primeira e segunda questões propostas ao final dessa parte da NHL encontramos: *I. Podemos dizer que os filósofos naturais (ou cientistas de hoje) trabalham isoladamente? O conhecimento científico é construído socialmente? Qual é o papel do indivíduo? e II. A política influencia ou é influenciada pela ciência? E qual é a importância de instituições científicas para o desenvolvimento de conhecimento científico? Elas existem ainda hoje? Você saberia citar uma delas?* Nessas questões buscamos gerar reflexões sobre o caráter social da ciência na formação de uma comunidade de filósofos naturais e cientistas na época estudada e hoje. A existência de uma comunidade científica estabelecida é reforçada pela existência de instituições científicas recém-inauguradas no séc. XVII, como a Academia de Ciências de Paris mencionada no texto (JARDIM e GUERRA, 2017).

A terceira e quarta questões foram construídas com o intuito de trazer discussões filosóficas sobre a ciência: *III. O que é um princípio? Qual é a importância dos princípios para a ciência? e IV. Sempre encontramos algum princípio nos argumentos de alguém em um debate? Explicitamente ou implicitamente? Pense em alguma ideia ou visão que você tenha sobre o mundo ou alguma crença e busque definir um princípio que está presente ali (caso exista, você pode nunca tê-lo reconhecido)?* A produção textual de autores como Leibniz ilustra como o conhecimento científico é produzido com alicerce em bases filosóficas, como certas visões de mundo, princípios filosóficos e pressupostos metafísicos podem ser localizados em certos contextos históricos (PIMENTEL, 2007). No caso de Leibniz, foram destacados durante as discussões em sala de aula a sua crítica ao materialismo e sua criação e inspiração no Princípio da Razão Suficiente para defender suas propostas em Mecânica.

Na terceira e última parte da NHL, com subtítulo U*ma controvérsia matemática*, é destacada novamente a troca de cartas entre filósofos naturais, quando o personagem

Leibniz recebe uma carta na qual o informam das acusações de plágio que estaria sofrendo em uma publicação de Fatio de Duillier (1664-1753). Em um trabalho sobre geometria, esse autor afirmava que o Cálculo Diferencial proposto por Leibniz teria sido inspirado pelo acesso que ele, supostamente, teve aos escritos de Newton e não seriam, dessa forma, originais (FITAS, 1993). O narrador da NHL é um entregador de cartas que ouve as indagações de Leibniz e suas explicações das diferenças entre seu método e o de Newton, tentando demonstrar que são baseados em princípios e apresentam formulações matemáticas diferentes.

Para defender seu método, encontramos na fala de Leibniz críticas à possibilidade da divisão finita da matéria, já que seu método se baseia na possibilidade de divisão infinita da matéria. Também encontramos menções sobre sua atuação na comunidade científica da época, com a inauguração de uma academia científica em Berlin, inspirado pelo que Leibniz testemunhou na França e Inglaterra. Em seguida, o narrador apresenta informações sobre o final da vida de um Leibniz solitário e abandonado pela comunidade científica, levantando a possibilidade de que a derrota para Newton nessa controvérsia mexeu com sua vida pessoal. O texto termina com o narrador informando ao leitor de que uma obra de Newton estaria sendo traduzida para o francês por uma mulher e que em seus escritos estariam sendo trazidas ideias do próprio Leibniz, o que, de acordo com o narrador, seria uma ironia.

Ao término da terceira parte da NHL, foram apresentadas quatro conjunto de questões: *I. O que vocês acham sobre o comentário "a matemática é a linguagem da ciência"? Como podemos entender a matemática como uma linguagem? Pode-se fazer ciência sem matemática? E hoje?* Nesse primeiro grupo, procuramos fazer o estudante refletir sobre aspectos da produção científica, como a relação entre a Física e a Matemática. Em uma perspectiva similar, construímos o segundo grupo de questões: *II. Podemos dizer que exista uma "cultura científica"? (Pesquise o termo cultura!) Seria a ciência uma cultura ou parte de uma cultura mais ampla?* Apesar da reconhecida complexidade desse grupo de questões, sua presença foi mantida, pois acreditamos que poderia gerar importantes reflexões associadas aos objetivos da TLS.

O terceiro grupo de questões buscou problematizar novamente o caráter social da produção científica, trazendo indagações sobre a importância da comunicação e divulgação entre pares e com a sociedade no geral: *III. De que forma os cientistas*

comunicam os resultados de suas pesquisas aos seus colegas? Que tipo de procedimentos e padrões existem para fazer isso? De que forma os cientistas se comunicam com o restante da sociedade? Há problemas ou dificuldades de comunicação entre os cientistas e o público em geral? Por que a comunicação dos resultados da ciência é importante?

Por fim, na quarta questão os estudantes foram indagados sobre o significado de uma controvérsia científica e como elas ocorrem: *IV. Controvérsias na ciência ocorrem hoje em dia? De que modo as controvérsias são resolvidas?*. Foi identificado que muitas das questões apresentadas desde a 1ª parte da NHL apresentavam um grande nível de dificuldade para os estudantes. Entretanto, voltamos a destacar que seu objetivo, apresentado aos estudantes, era de trazer certos temas para a sala de aula e gerar debates sobre os mesmos (que deveriam ser registrados) e inspirar a construção da narrativa deles, que será descrita a seguir.

Importante aqui destacar, que antes de iniciar a leitura da primeira parte de NHL, o professor apresentou a proposta de produção de uma narrativa, pelos estudantes. Essa NHE teria que ser escrita em grupo de no máximo cinco estudantes e iria compor a avaliação escolar do terceiro bimestre. Um *Roteiro* foi construído e entregue aos estudantes (Apêndice IV). No *Roteiro* a proposta foi resumida em um objetivo: "*produzir um texto literário de gênero narrativo de 1 a 3 páginas (narrativa) que explore tema(s) relacionado(s) à história de Leibniz, Newton, Clarke, entre outros, e aos conceitos científicos presentes na história (quantidade de movimento, vis viva, espaço, tempo, força, princípio de conservação, Princípio da Razão Suficiente)"*. Diante do esperado ineditismo da proposta para os estudantes, esse *Roteiro* foi construído com o objetivo de deixar a proposta muito clara a todos.

Criou-se, então, um item nomeado Etapas com o qual destacamos especificações na organização das atividades. Dessa forma, nesse item foi proposto que os estudantes, em seus grupos, lessem integralmente a NHL construída pelo professor (Parte 1, 2 e 3) e retomassem as questões dos MIs, buscando novas reflexões e debates entre os membros do grupo. Foi destacado que essas questões poderiam inspirar e servir de material para a escrita de suas próprias narrativas. Destacamos abaixo, as *Etapas*, como estão no roteiro.

1. EM SALA (durante 5 tempos de aula) - O grupo deve ler as histórias (Parte 1, 2 e 3) e responder às questões do roteiro entregue pelo professor da forma mais elaborada, debatida entre o grupo e aprofundada possível, pois servirá como auxílio e material para a escrita da narrativa.
2. EM CASA/SALA – O grupo deve decidir quais *temas* da história irão usar (pesquisar sobre e trabalhar) na narrativa. Alguns *temas* serão sugeridos no final deste roteiro.
3. EM CASA – O grupo deverá pesquisar e analisar o material sobre os *temas* escolhidos, já levando em consideração que servirão de conteúdo para a narrativa.
4. EM CASA – O grupo irá recolher o material resultante das pesquisas e somar às anotações/respostas/dúvidas feitas em sala para escrever a narrativa. (Apêndice III)

Outro item do roteiro foi denominado *Regras*. Nesse item, apresentou-se uma descrição detalhada do que era esperado com a NHE. Foram incentivadas atitudes como ler cuidadosamente a NHL, escolher poucos temas para que a pesquisa não ficasse demasiadamente longa e dar importância às fontes utilizadas na pesquisa, pois as mesmas seriam incluídas no trabalho. Apresentamos as *Regras* como constam no roteiro, abaixo.

- As histórias devem ser lidas com calma, buscando a compreensão do conteúdo. Além disso, elas devem servir de exemplo para as narrativas que serão escritas, pois contém um conteúdo extenso, são densas e não explicam nada de modo explícito. Ainda assim, contém detalhes sobre a vida de certos personagens, apresentam discussões da época sobre certos conceitos ou teorias científicas (e não científicas), apontam a influência de instituições científicas da época e se passam em cenários como alguns países da Europa do séc. XVIII.
- O número de *temas* escolhidos pode ser pequeno, como 2 ou 3, pois a pesquisa sobre cada um deles deve ser profunda o suficiente para vocês os inserirem em uma história e serem fiéis com a História (não apresentarem informações falsas, inventadas).
- Neste trabalho, há uma grande liberdade criativa, mas deve estar limitada às escolhas literárias do texto, isto é, aos cenários, diálogos, situações, drama; o grupo não deve inventar coisas que não aconteceram ou existiram. Por isso, a pesquisa sobre os *temas* é tão importante.

- O grupo deve recolher e citar as fontes das pesquisas ao final da narrativa. O professor pode e deve consultar as fontes caso a narrativa conte algo que seja importante e pareça inventado. Não irei consultar qualquer detalhe, informação sobre personagem, diálogo ou algo criativo inventado pelo grupo para não prejudicar o trabalho criativo da escrita.

A seguir, os grupos deveriam decidir quais *temas* da história eles iriam escolher dentre os sugeridos no roteiro. Esses temas seriam os pontos sobre os quais o grupo pesquisaria para compor a narrativa. Os grupos poderiam escolher mais de um tema para construir a NHE. Os temas apresentados no roteiro foram:

1. Disputa pela primazia do cálculo diferencial entre Newton e Leibniz.
2. Vida e trabalho da Madame Émilie du Châtelet.
3. Vida e trabalho de Christiaan Huygens.
4. A importância de instituições de pesquisa e Academias de Ciências na Europa (Royal Society, Academie des Sciences, Academia de Berlin).
5. Pesquisas, ideias e experimentos que resultaram na construção da *vis viva.*
6. Aspectos sociais, econômicos e culturais da Inglaterra em 1700.
7. Aspectos sociais, econômicos e culturais do mundo, Américas, entornos da Inglaterra.
8. O Princípio da Razão Suficiente aplicado à Ciência.
9. O Princípio da Identidade dos Indiscerníveis aplicado à Ciência.
10. Arte da época ou posterior à discussão trabalhada (Inglaterra ou Prússia).
11. Impacto da Mecânica de Newton (ou do Cálculo) na sociedade do séc. XVIII; na tecnologia (máquinas, incluindo térmicas), na astronomia, na literatura, na arte, na organização do trabalho, na medicina (mecânica corporal),....
12. Mecanicismo (associado ao tema acima).
13. Sobre a utilização de experimentos como métodos de validação.

Não foi dada total liberdade aos estudantes para escrever as NHEs. Essa decisão do professor teve três motivações. Primeiro, buscar concentrar as pesquisas dos estudantes a temas associados ao conteúdo estudado no bimestre. Entendemos que se os estudantes escolhessem um tema totalmente novo e desconexo com o estudado, a pesquisa do grupo “partiria do zero”. Assim, a tarefa de escrever uma NHE poderia se

tornar muito exaustiva, pois não somente teriam um novo “horizonte” de caminhos para seguir na pesquisa, como seria necessário o estudo de conteúdos científicos e históricos não abordados em sala. Em segundo lugar, buscamos encontrar, nas NHEs, manifestações sobre a produção científica, nas dimensões epistemológica e sociológica, inspiradas nas discussões e pela leitura da NHL.

Por fim, foi decidido que, se o tema fosse livre, na avaliação das NHEs seria um desafio analisar cada critério construído, pelo possível desconhecimento do professor pelos temas pesquisados pelos estudantes. Ainda assim, essa proposta não foi descartada pelo NIEHCC, diante do potencial de inspirar estudantes a pesquisarem e escreverem sobre temas de seus interesses e de trazer em suas escritas novas questões sobre a produção científica. Apesar de possível, essa proposta deveria ser desenvolvida em um tempo maior e articulada a outras atividades pedagógicas.

Os *temas* apresentados no roteiro foram desenvolvidos pensando tanto em práticas científicas em torno ao contexto histórico, quanto no destaque a personagens menos conhecidos no Ensino de Física, como Christiaan Huygens e Émile du Châtelet. Como defendemos no Capítulo 1, a HCC apresenta um olhar no qual é reconhecida a importância de atores menos reconhecidos na produção científica (PIMENTEL, 2007; MORUS, 2006). É interessante notar que, durante a DBR, esses temas foram modificados, conforme ficará explícito na descrição das TLS de 2016 e 2018, como resultado dos contínuos estudos teóricos do NIEHCC sobre a HCC, trazendo cada vez de forma mais explícita as práticas científicas para a atividade.

Com os temas escolhidos, o grupo de estudantes deveria realizar uma pesquisa sobre os mesmos. O material resultante das pesquisas deveria ser somado às anotações, respostas e dúvidas feitas em sala para inspirar a escrita da narrativa, conforme indicava o roteiro. Buscamos deixar claro que nessa proposta há uma grande liberdade criativa, mas que esta devia estar limitada ao aspecto literário do texto. O grupo não deveria inventar fatos que não aconteceram ou existiram. O rigor na avaliação estaria na criação de cenários impossíveis ou muito improváveis para o contexto histórico estudado, como a construção de um diálogo entre dois personagens não contemporâneos ou um discurso associado a certo personagem que estivesse em discordância total com os estudos da História da Ciência.

Esse comando teve como objetivo chamar a atenção para a importância da pesquisa histórica e incentivar os estudantes a aprofundarem os temas escolhidos, com vistas a buscar informações capazes de responder a eventuais dúvidas e curiosidades durante a escrita, tornando o texto final (e as reflexões do grupo) mais complexo e bem fundamentado.

O processo de avaliação por parte do professor das NHEs foi uma grande preocupação do NIEHCC. Essas discussões permitiram a construção de cinco itens para organizar essa avaliação. O professor explicou cada um dos itens, que foram apresentados no *Roteiro*, como descrevemos a seguir:

a) Conteúdo e Ideias apresentadas – nesse item seria avaliado o conteúdo fruto da pesquisa dos grupos, tanto científico como histórico.

b) Visões sobre a produção de conhecimento científico/Ciências – foi explicado em sala que esse critério significava a presença de um reflexo das discussões sobre as práticas científicas realizadas em sala e discussões que fossem trazidas pelos grupos sobre esse tema, a partir dos recortes históricos escolhidos.

c) Tamanho e densidade do texto – Com esse item se buscou marcar os textos que indicassem que os grupos buscaram apenas cumprir a tarefa com as páginas requisitadas, escrevendo, por exemplo, diálogos coloquiais e sem conexão com a própria NH que construíram.

d) Criatividade do grupo sobre as situações apresentadas, os diálogos e a relação entre os temas escolhidos para escrever a narrativa – Buscamos, na explicitação desse item, incentivar os grupos a criarem textos criativos a partir das informações históricas pesquisadas, evitando textos que somente "recontassem" a História. Entendemos que o fator criatividade é determinante para que o *pensamento narrativo* seja desenvolvido no processo (BRUNER, 1986)

e) Erros conceituais ou históricos – Esse critério também foi discutido em sala para problematizar o que é um "erro" na pesquisa. A importância das fontes pesquisadas e, logo, de uma pesquisa bem fundamentada foi destacada. Não entendemos essa orientação como uma forma de dizer que existem fontes que claramente dizem a verdade e, outras, a mentira. Mas esperamos ajudar a desenvolver nos estudantes um

espírito investigativo mais crítico, como ao conferir quem são os produtores de informação das fontes que eles estão utilizando. Buscamos com a apresentação desse item, problematizar a ideia de verdade, tratando as informações obtidas através das fontes como produções humanas e, logo, também culturais. Também foi destacada a possibilidade de os estudantes cruzarem as informações entre as fontes pesquisadas de forma incoerente, o que também seria considerado um erro.

A construção dos slides que foram apresentados aos estudantes após as atividades associadas à NHL, também, compõe do design na TLS. Parte da pesquisa realizada para a escrita da NHE foi adaptada para compor uma sequência de slides, nos quais foram utilizadas imagens associadas ao séc. XVII, como ilustrações, pinturas ou cópias de documentos. Foram feitos cerca de 20 slides que continham informações em uma ordem semelhante à presente nas três partes da NHL. Isto é, primeiro foram colocadas informações sobre o início da vida de Leibniz e seu contexto histórico, incluindo algumas das questões em Mecânica debatidas naquele contexto.

Em seguida, o conceito de *quantidade de movimento,* construído por René Descartes (1596-1650), foi apresentado e, em seguida, as contribuições de Huygens ao vetorizar o conceito. Representando o conteúdo presente na segunda parte da NHL, os slides traziam as críticas de Leibniz ao conceito de Huygens de *quantidade de movimento* e sua proposta da *vis viva*. Entre esses slides, alguns levantavam questões sobre a comunicação entre filósofos naturais, a troca de cartas e a inauguração de academias científicas. Por fim, informações sobre Newton e a disputa pelo Cálculo Diferencial foram colocadas para finalizar a apresentação em slides.

A avaliação das NHEs foi desenhada de forma que após a entrega dos resultados aos estudantes houve uma aula para o professor comentar com os grupos os resultados. Foram escolhidas algumas narrativas e alguns elogios e críticas foram realizados em sala de aula para que os grupos discutissem a avaliação. Essa conversa se manteve de maneira informal e não sistemática e foi um espaço para os estudantes apresentarem ideias, dificuldades e prazeres obtidos no processo. Diante do pouco tempo didático disponível, esse momento se manteve limitado a essa atividade.

4.3.3 – Implementação

Como as descrições gerais da sequência das atividades da TLS e das ferramentas apresentadas aos estudantes já foram apresentadas no *design*, na parte de *implementação* iremos trazer informações mais precisas sobre a aplicação da TLS no cenário escolar escolhido. Buscamos organizar as informações apresentadas em tópicos que transcenderam cada etapa específica da TLS. Por exemplo, ao apresentarmos informações sobre a leitura da NHL, discutiremos outras relações que encontramos entre o ato de ler e as atividades da TLS. Em todas as etapas fizemos algo similar. As discussões aqui apresentadas são provenientes do diário pessoal do professor e de seus relatos ao NIEHCC. Como forma de auxiliar a leitura, iniciamos por montar um esquema para ilustrar o resultado final do design realizado para a TLS no ano de 2015, inspirada pela SD aplicada em 2013.

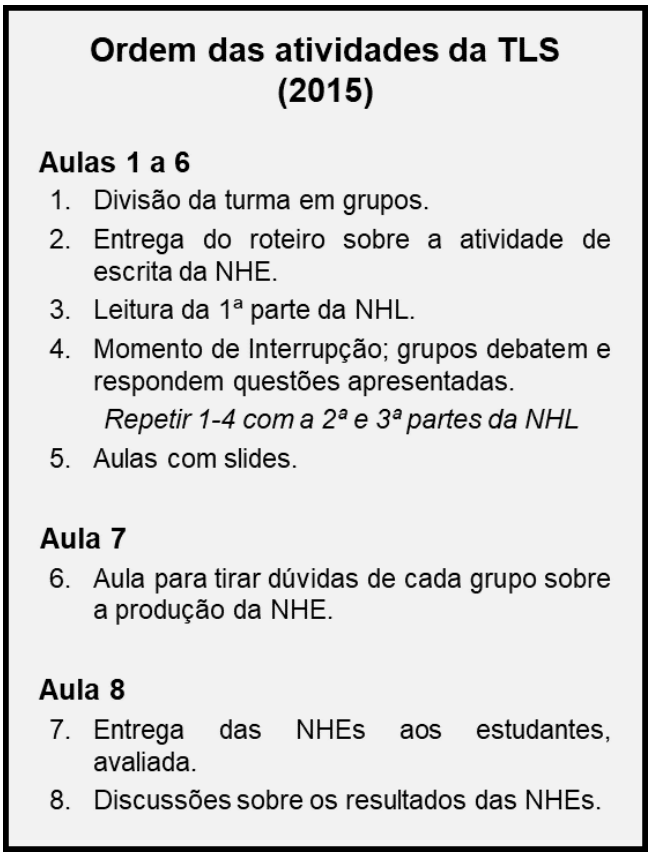


Figura 3: Esquema de aulas da TLS 2015

A TLS foi aplicada em quatro turmas com 34 estudantes cada. Cada turma contou com, em torno de, sete grupos de estudantes. A NHL foi inicialmente

apresentada no início do 3° bimestre do ano letivo, momento no qual se iniciaria o estudo do tema Quantidade de Movimento e Impulso, como dito anteriormente presente no currículo dos cursos. A TLS teve duração total de seis semanas.

A primeira etapa da TLS, a leitura da NH, ocorreu de forma satisfatória, com estudantes de todas as turmas participando, como voluntários, da leitura em voz alta junto com o professor. A leitura dos estudantes, por si só, e seu impacto na TLS não foi objeto de análise nessa pesquisa. Em primeiro lugar, não realizamos atividades centradas no ato de ler. Ainda assim, em uma visão geral que surgiu de uma análise qualitativa de várias etapas da TLS, o nível de leitura dos estudantes não foi percebido como um obstáculo. Pelo contrário, a leitura não foi um impedimento à aplicação da TLS nos anos seguintes, mas um ponto que almejamos explorar, intensificando a ação do professor nesse processo, como na ação de ler junto com os estudantes em sala, que auxiliou em muitas das dificuldades de interpretação. Dessa forma, foi mantida essa ação para o ano seguinte, 2016.

Além disso, a leitura é um processo intrinsicamente relacionado com a escrita (GRAHAM e HARRIS, 2019). Por tal motivo, o NIEHCC considerou que seria possível encontrar evidências para nossa análise qualitativa sobre o nível de leitura dos estudantes na escrita dos mesmos. Assim, seria possível que o professor atuasse de forma mais presente com tais estudantes. Entretanto, normalmente os grupos escolhiam o integrante que apresentava melhores habilidades literárias para escrever a NHE.

Dessa forma, a dificuldade na escrita foi enfrentada somente em grupos onde todos os integrantes (consideravam que os próprios) apresentavam dificuldade em compor um texto escrito. Tal caso que foi encontrado em três das quatro turmas, no total de 4 grupos. Voltamos a destacar que uma narrativa com uma escrita ortográfica, gramatical e sintaxicamente fraca não foi avaliada a partir desses critérios, logo esses grupos não foram prejudicados na avaliação de suas narrativas. Ainda assim, reconhecemos que tais alunos possam ter sofrido maiores dificuldades em outras etapas da TLS, o que trouxe a atenção do professor para ajudá-los durante o processo.

A leitura também foi importante para a compreensão das questões apresentadas nos MIs. O professor foi constantemente consultado para explicar as questões, enquanto os estudantes as resolviam em grupos. Nesse momento, foram identificadas novas fraquezas na interpretação de texto dos estudantes e houve intervenções nos grupos

onde havia maiores dificuldades, mas sem ajudar a responder a questão. Entendemos que a habilidade com a leitura por parte dos estudantes é um fator importante e central na TLS, cujos desafios devem ser enfrentados com algumas atividades pedagógicas, onde o professor possa intervir com vistas a contribuir com o processo de leitura por parte dos estudantes. Lembramos que na resolução das questões dos MIs, o objetivo não foi que o grupo encontrasse uma resposta certa e conclusiva, mas promover reflexões, resultado que só pode ser encontrado com uma boa interpretação das questões.

Em seguida, algumas considerações sobre as questões levantadas pelos estudantes sobre a NHL serão apresentadas. O número de questões levantadas por aluno variou bastante, já que foi pedido que levantassem de 1 a 5 questões. Não foi feita uma análise estatística desses dados, mas a média foi de 1,4 questões por estudante, desconsiderando as descartadas, que foram pouco frente ao número total de questões, só 4% das questões foram descartadas. As questões levantadas pelos estudantes inspiraram a construção da sequência de slides, como proposto em 2013. Entretanto, a maior das questões ficou em torno a temáticas consideradas importantes pelo NIEHCC na própria construção da NHL e por isso já estavam contidas num planejamento prévio dos slides.

Isso não foi interpretado como algo negativo na TLS, pois entendemos que o "não-dito" despertou curiosidade nos estudantes, pois um grande número de questões apontou o interesse dos estudantes em explorar mais as práticas científicas e os personagens apontados na NHL. Assim, o levantamento de questões na leitura da NHL foi uma etapa que atingiu seus objetivos de forma satisfatória.

Por outro lado, a atividade MIs obteve resultados que, por um lado, contribuíram com nossos objetivos pedagógicos, mas também outros que mereceram um repensar da intervenção. No registro das respostas às questões, encontramos alguns exemplos, a partir dos quais identificamos reflexões interessantes dos estudantes, em outras as respostas foram muito vagas, com comentários e conclusões genéricas. Alguns exemplos serão dados adiante.

Importante, entretanto, destacar que o professor percebeu que os estudantes discutiram entre si para construir as respostas, logo podemos inferir que os alunos debateram os temas na construção de todas as respostas. Durante essa atividade, foi decidido que o professor não iria se manifestar muito, se limitando a tirar dúvidas sobre

a compreensão das questões. Muitos grupos o questionavam sobre o significado de certos termos, como “cultura” ou “controvérsia”.

Alguns exemplos de respostas construídas pelos grupos serão apresentados. Como forma de avaliar essa etapa da TLS, separamos as respostas em mais ou menos complexas. Consideramos as mais complexas aquelas que: a) abarcavam e compreendiam vários elementos ou aspectos distintos que exemplificavam a posição do grupo, b) respostas que traziam elementos de debates em sala e c) não apenas cópia de trechos da NHL. Para exemplificar, destacaremos exemplos de questões de todos os MIs.

Para a primeira questão da 1ª parte da NHL, *O local onde uma pessoa nasça auxilia a definir suas decisões de vida? E suas origens familiares?,* destacamos como exemplo de respostas identificadas respostas mais complexas:

> *Sim, pois ao nascer, as pessoas não tem nenhuma opinião formada sobre as coisas da vida. Conforme elas vão crescendo, as ideologias ao seu redor as influenciam, ajudando a moldar sua opinião final sobre as coisas da vida. Por exemplo, se o indivíduo nascer em uma família onde todos são Físicos, é bem provável que o mesmo curse Física no futuro.* (Grupo E3)

> *Durante a nossa formação, acabamos a repetir manias, rotinas e até aprendemos a pensar como aqueles que estão perto de nós e tudo que nos cerca. Isso influencia nossa forma de pensar, ver, ser, agir e questionar as coisas.* (Grupo T2)

Como questões *menos complexas,* podemos tomar como exemplo:

> *Todos esses fatores influenciam sim nas decisões de vida. Uma pessoa escolhe algo baseado no meio em que vive e com o que tem contato.* (Grupo U1)

> *Sim, pois sofremos influência dos nossos familiares e da nossa comunidade, em muitos aspectos. Por exemplo: costumes, crenças, linguagem, ideais, dentre outros.* (Grupo T1)

Para a segunda questão da Parte 2 da NHL, *A política influencia ou é influenciada pela ciência? E qual é a importância de instituições científicas para o desenvolvimento de conhecimento científico? Elas existem ainda hoje? Você saberia*

citar uma delas?, encontramos cerca de um terço das respostas em branco. Além disso, como questões *mais complexas*, temos como exemplos:

> *Ambos, porque em casos como o Brasil, onde a pesquisa científica tem como principal financiador o Estado, ele pode determinar o que os pesquisadores podem fazer e se o resultado não for do seu agrado a pesquisa pode ser cortada. Esse fator não é exclusivo das instituições públicas, as privadas também exercem influência podendo regredir o progresso.* (Grupo E1)

> *Na verdade, o que podemos dizer é que há uma relação recíproca entre a política e a ciência, pois ao mesmo tempo em que as políticas – que englobam desde ações do governo, até o conjunto de leis do país – determinam os limites da produção científica, as políticas e, consequentemente os governantes, consideram que a ciência é importante para o desenvolvimento e crescimento do país. As instituições científicas são de um modo geral, as responsáveis pelas definições das regras e do progresso da Ciência. Como exemplo de uma instituição existente, podemos citar o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MTCI).* (Grupo U2)

Como exemplos de respostas *menos complexas*, temos:

> *A política influencia e sempre influenciará a ciência. As instituições científicas desenvolvem estudos de alta qualidade. Fazem pesquisas aplicadas para empresas públicas e privadas e para o benefício do público em geral.*(Grupo T1)

> *Influencia, pois é ela quem decide se a notícia científica pode ou não ser divulgada ou até mesmo investida na sociedade, pois os políticos podem ver vantagens e desvantagens na produção científica.* (Grupo T4)

Muitas das respostas dos estudantes indicaram que pode ter havido reflexões sobre elementos associados à prática científica, mas o número de respostas em branco não pode ser ignorado. Das 77 respostas às questões, encontramos 11 em branco ou com uma frase curta e sem aprofundamento. Somando a isso o número de respostas muito vagas ou com conclusões genéricas, levantamos algumas suposições.

Primeiro, que a quantidade de questões foi excessiva para o tempo disponível em sala de aula, impossibilitando discussões que permitissem aprofundar nos temas e potencializando respostas baseadas apenas em opiniões sem relação com as discussões

geradas em sala. Segundo, que a diversidade e o formato das questões dificultaram a construção de respostas mais complexas e direcionadas, resultando em respostas vagas ou abrangentes demais. Considerando que as respostas deveriam orientar a construção das aulas seguintes entendemos que essa etapa era muito valiosa e por isso a avaliação da mesma levou a mudanças para o ano de 2016, que serão trazidas na parte do *re-design* da TLS.

Ao compararmos a etapa da apresentação da sequência de slides com o ano de 2013, enxergamos mudanças somente em relação ao comportamento dos alunos. Na escola de 2015, os estudantes realizaram mais intervenções durante as aulas e mostraram interesse nas questões socioculturais levantadas sobre as práticas científicas e seus atores (MORUS, 2006). Isso pode ser devido ao fato de serem um ano escolar à frente daquele dos alunos de 2013, mas também como fruto do contexto escolar onde estavam inseridos. A escola em questão possui um grande número de estudantes ativos em grupos de discussão das chamadas minorias (raça, etnia, questões LGBT) e são visíveis as manifestações destes estudantes em prol de seus direitos, segurança e identidade.

Ainda assim, apesar do professor mostrar mais confiança ao trazer uma abordagem histórico-filosófica por estar com mais experiência desde 2013, ele se sentiu incomodado com a falta de domínio em identificar com os estudantes as práticas científicas e problematizá-las em sala de aula. Não somente no seu discurso, mas nos slides carecia de conteúdo, de material que ilustrasse aos estudantes a importância de certas práticas para a produção científica e como entender a ciência como produções culturais a partir disso. Dessa forma, o NIEHCC voltou sua atenção aos slides em busca de potencializar seu papel nessas discussões, mas reconhecendo que a experiência do professor em trazer a História Cultural da Ciência para a sala de aula estava em construção e no ano seguinte seria maior.

Em seguida, alguns comentários serão trazidos sobre as últimas quatro etapas da TLS: a aula anterior à entrega das NHEs, a correção das NHEs, a devolução das NHEs avaliadas pelo professor, o debate promovido nessa entrega, e as respostas dos estudantes na questão colocada na avaliação formal de final de bimestre.

A aula anterior à entrega das NHEs teve o objetivo de auxiliar os grupos com as maiores dificuldades que eles estavam enfrentando na pesquisa ou na escrita da NHE.

As aulas ocorreram bem, entendemos que o professor foi capaz de auxiliar os estudantes, mas sua maior capacidade de ajuda foi em relação à pesquisa. Foi possível orientar os estudantes em relação à profundidade esperada da pesquisa, sua extensão, fontes mais confiáveis, o que os estudantes poderiam fazer com as informações coletadas e onde buscar novas fontes quando sentir necessidade de mais informação.

Sobre o processo de escrita da NHE, o professor buscou orientar os estudantes em relação à estrutura de uma narrativa, discutindo o papel do narrador, orientando na escolha de eventos e dos cenários e em como utilizar o texto para criar expectativas ou levantar questões sobre a história, como apresentamos no Capítulo 2. Entretanto, o professor questionou sua capacidade em orientar nessas questões. Não foi entendido como um impedimento, mas como um novo espaço onde uma parceria com um professor de Literatura ou Português poderia ser feita. Por isso, no ano seguinte, 2016, houve a tentativa de fazer uma parceria com tais professores, como será descrito em breve.

O processo de avaliação das NHEs foi cansativo. A maior parte dos grupos respeitou o limite de páginas estabelecido no roteiro (1 a 3 páginas), mas alguns enviaram textos com 4 ou 5 páginas. Para avaliar os textos, foram utilizados os critérios apresentados aos estudantes. Todos os estudantes aceitaram as avaliações de suas narrativas sem contestar, mesmo tendo sido destacado em sala de aula que eles tinham o direito de questionar o processo de avaliação.

No dia de entrega das NHEs avaliadas, o objetivo era levantar questionamentos sobre os textos para suscitar discussões em sala sobre as práticas científicas e seus atores. Essa etapa não foi bem realizada. Dois motivos foram supostos pelo NIEHCC. Primeiro, os estudantes não apresentaram interesse nas avaliações das narrativas dos outros grupos. Entendemos que isso não era somente fruto da atenção dos estudantes estar voltada para a avaliação formal bimestral e pelo cansaço dos mesmos diante do estudo para tal avaliação, mas também pelo fato de que eles não leram o texto dos outros, logo “ouvir falar sobre” trechos da narrativa de outros não foi uma atividade atrativa.

Na próxima sessão, considerações sobre a *avaliação* realizada pelo NIEHCC sobre os dados coletados na aplicação da TLS serão trazidas.

4.3.3 Avaliação

Foram colhidos dados em momentos diferentes da aplicação da TLS. Podemos listar os dados coletados da seguinte forma:

a) Questões levantadas pelos estudantes durante a leitura da NHL.
b) Questões respondidas pelos estudantes durante os MIs.
c) As NHEs.

Sobre os dados referentes aos dois itens acima, considerações já foram realizadas na etapa de *implementação* descrita acima, no item 4.2.2, pois não foi realizada uma análise detalhada sobre eles. O NIEHCC entendeu que os dados mais importantes a serem avaliados de forma a promover reflexões que resultariam em modificações no *re-design* seriam as narrativas escritas pelos estudantes e o diário de campo do professor. As informações provenientes do diário estão presentes durante a descrição de todas as etapas da TLS, logo aqui a análise terá por foco as narrativas escritas pelos estudantes.

Para essa análise, foram escolhidas todas as seis NHEs produzidas por uma das quatro turmas nas quais a TLS foi aplicada. A escolha de uma única turma para ser avaliada ocorreu por dois motivos. Em primeiro lugar, o volume de material a ser analisado com as quatro turmas não seria viável diante do tempo da pesquisa de doutorado. E, segundo lugar, o diário do professor apontou, a partir de uma avaliação geral das narrativas construídas nas quatro turmas, que o trabalho apresentado pelos alunos foi semelhante.

Apesar da qualidade literária, da quantidade de informações biográficas e da escolha de diferentes cenários históricos (como Delft na Holanda ou Paris na França), muitas das NHEs de todas as turmas careciam na pesquisa histórica. Em algumas das NHEs onde reconhecemos uma boa pesquisa histórica, entretanto, mesmo nessas NHEs, houve pouco destaque e problematização das práticas científicas realizadas no recorte histórico.

Foi identificado um formato da história comum nas narrativas de todos os estudantes. Todas as narrativas apresentavam um contexto histórico, destacava um ou mais personagens e colocava-os debatendo um tema, para apresentar discussões sobre um conteúdo científico. Tais debates, normalmente, se assemelhavam às discussões estudadas em sala. Esse formato se assemelhou bastante à NHL.

Assim, apesar de algumas práticas científicas terem sido trazidas nas narrativas dos estudantes, no geral, os grupos não se aprofundaram mais do que em apresentar

informações originadas do estudo realizado em sala de aula. Como exemplo, a troca de cartas esteve presente em muitas das narrativas dos estudantes (como na 2ª e 3ª partes da NHL), mas poucos grupos exploraram a comunicação entre filósofos naturais como elemento importante da produção científica, somente trouxeram a troca de cartas como forma de interação entre dois personagens.

Entendemos que um dos motivos para tais resultados foi a utilização pelos estudantes da NHL como modelo para a produção das narrativas. Ao avaliar todas as atividades da TLS em conjunto com as opiniões do professor, entendemos que o aporte na HCC não foi realizado como objetivado no início. Isto é, as práticas científicas e a importância do estudo dessas para entender a Ciência como produção cultural não foram bem destacadas nas atividades, tanto por não estar presente no discurso do professor (opinião do próprio), quanto sendo pouco destacadas nos slides apresentados em sala de aula. Na busca de elementos que possam trazer luz a essas interpretações, será apresentada a análise feita sobre seis das narrativas de uma das turmas. Como dito acima, a escolha da turma foi aleatória.

Primeiro, numeramos as narrativas em ordem crescente, associadas ao valor atribuído na avaliação das mesmas. Quando referenciarmos essas narrativas nas descrições dos anos seguintes (2016 e 2018) será utilizado o índice "NHE I-2015". Incluímos também, mas sem sugerir uma causalidade com o grau de avaliação, o número de páginas de cada narrativa.

Número da NHE	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**
Avaliação (10)	Satisfatória	Satisfatória	Razoável	Razoável	Insuficiente	Insuficiente
N° de páginas	3	2	1	1	1	1

Para cada uma das NHEs, um resumo foi construído, com comentários sobre o narrador, a estrutura e os eventos escolhidos em cada texto. Tendo em vista auxiliar o leitor no entendimento da análise que virá em seguida e mostrar o nível de complexidade das histórias criadas pelos estudantes, colocamos esses resumos no Apêndice V.

Com o objetivo de sistematizar a análise dos dados, seguiremos na ordem das questões apresentadas no início desse Capítulo: *Problematização de práticas científicas,*

Discussão sobre práticas científicas, Interesse na leitura e escrita de NHs, Epistemologia de conceitos científicos e *Contexto de aplicação*. Apesar da análise qualitativa realizada não ter sido exaustiva, para cada categoria serão apresentadas evidências trazidas das NHEs como forma de fundamentar a análise realizada.

Iniciaremos discutindo se a NHE possibilitou aos estudantes momentos de *Problematização das práticas científicas*. Em uma primeira leitura das NHEs, foi feita uma análise buscando identificar elementos associados às práticas científicas e a importância que era dada a elas em cada texto. Esses elementos não foram pré-definidos, mas surgiram durante a leitura dos textos, de forma que algumas narrativas foram lidas mais de uma vez para assegurar que elementos trazidos de outras narrativas não foram ignorados na primeira leitura.

Para essa análise, foi inviável uma simples contagem dos elementos e uma suposta análise de conteúdo, pois encontramos textos onde há um mesmo elemento (p.ex., utilização de cartas na comunicação entre filósofos naturais), mas somente em um deles há certo destaque à importância desse elemento para a produção científica.

Em todas as NHEs (6) foram encontrados trechos onde há menção a instituições científicas do século XVII, como a Royal Society. Entretanto, em três delas essas instituições são somente mencionadas ou são parte do cenário. Devemos destacar que, mesmo não encontrando nos textos trechos, nos quais foi dada uma importância explícita às instituições científicas da época, reconhecemos que um grupo de estudantes valorizou as mesmas de forma indiretas ao colocá-la como cenário de alguma controvérsia. Nas outras três NHEs, esteve um pouco mais clara sua valorização no contexto da produção científica da época, ainda que alguns comentários devam ser tecidos sobre essas. Como exemplos dessa valorização, nos textos I, IV e VI encontramos tais citações:

> *... o jovem físico sabia como a Royal Society of London era um grupo de cunho importantíssimo na história dos cientistas, até por que estavam no século XVII, época da Revolução Científica e o incentivo e a chance de marcar seu nome na história da ciência estava clamando pelo nome de Leibniz* (NHE I)

> *...deixando Christiaan Huygens preso dentro da grande instituição, Académie des Sciences. Alguns colegas de trabalho passavam apressados pelos corredores, diziam boa tarde e retornavam a atenção ao caminho* [...] ”*Inicialmente, gostaria de*

informar-lhe que alguns membros da Academia tiraram certas conclusões pressurosas sobre sua acusação de plágio. Independentemente do que circula por tal parcela da Academia" [...] *"Me pergunto se, por conta de tanta disputa, os atuais cientistas se posicionem de maneira a querer apenas interesse e não pelo prazer de evidenciar uma nova teoria, de contestar seu pensamento. Acredito que, até mesmo esta instituição receba algum tipo de influência política. Temo que no futuro isso venha a se tornar algo maléfico, que prejudique nosso conhecimento sobre a vida e sobre o mundo. Prosseguindo dessa forma, a Ciência não seria mais uma ferramenta auxiliar à busca do conhecimento, mas uma arma que preza pelo interesse de cada um."* (NHE IV)

Em 1660, com influência e liderança de principalmente Isaac Newton e outros físicos e matemáticos, foi fundada a Royal Society [...] *Royal Society foi uma academia de ciências muito importante por abranger muitas ciências diferentes e a promoção de muitos cientistas. Uma das características que ajudou a academia a crescer foi aceitar qualquer tipo de religião, origem, classes ou profissões assim querendo promover uma paz na Europa. Essa característica da Royal Society foi muito importante, pois muitas pessoas inteligentes com ideias inovadoras não tinham estrutura nem dinheiro ou qualquer outra limitação que não pudesse realizar uma pesquisa ou um estudo, tudo, isso fornecido pela Royal Society. A Royal Society foi crescendo e recebendo apoio da Coroa e em 1662 Charles II decretou que todas as invenções deviam passar pela inspeção da academia...* (NHE VI)

Um resultado extremamente semelhante foi identificado ao levantarmos nas narrativas a importância dada à troca de cartas entre filósofos naturais do séc. XVII. Em todas as narrativas, encontramos algum trecho, no qual uma pessoa está escrevendo, recebendo ou narrando uma carta de um filósofo natural. Em quatro das seis narrativas, encontramos a utilização de cartas entre filósofos naturais, sendo que em duas há troca de informações sobre pesquisas dos respectivos autores e em duas as cartas são utilizadas para informar a Leibniz que ele estava sendo acusado de plágio. Entendemos que somente em duas das narrativas fica mais clara a utilização das cartas como forma de destacar a comunicação como fator importante para a produção científica, como uma prática da época que promoveu a constituição de uma comunidade científica não tão inclusiva (JARDIM e GUERRA, 2017). Para ilustrar, um exemplo será apresentado:

> *O próprio Huygens tornou-se seu professor particular depois de um tempo, pois Gottfried começou a trabalhar com quantidade e conservação de movimento. Comunicavam-se por cartas e explicavam suas teses pelas mesmas, Huygens também estudou sobre o assunto de uma maneira diferente.* [...] *Levantou-se e foi caminhando até a porta e enquanto o carteiro ia se inclinar para deixar as cartas no vão de cartas da porta, o jovem físico pega as cartas e retorna aos seus pensamentos depositando-as na mesa do escritório* [...] (Leibniz recebe carta o acusando de plágio e mostra-se furioso) (NHE I)

Podemos apontar outras práticas científicas, menos presentes nas narrativas, que foram identificadas, como a existência de controvérsias (disputa do Cálculo Diferencial) ou debates acerca de conceitos científicos (entre quantidade de movimento e vis viva) ou a utilização da matemática como linguagem para tentar explicar fenômenos mecânicos.

Através dos exemplos apresentados, seria possível inferir que a escrita das narrativas auxiliou aos estudantes a problematizar práticas científicas. Entretanto, todos os exemplos citados acima estiveram presentes na NHL em sala e no discurso do professor nas aulas, incluindo os slides apresentados. Isso nos levanta a possibilidade de que os estudantes não somente utilizaram a NHL como inspiração para a escrita, mas como uma referência direta, muitas vezes utilizando da sua estrutura narrativa (sequência de eventos) ou apresentando situações idênticas, como na acusação de plágio no trabalho de Leibniz.

Apesar de entendermos que mesmo um trabalho onde haja certa "cópia" do material presente na TLS pode desenvolver reflexões desejadas, de acordo com as discussões realizadas no NIEHCC essa evidência enfraquece o potencial da TLS em problematizar explicitamente práticas científicas de forma a auxiliar aos estudantes na desconstrução de uma visão positivista da produção científica, além de auxiliar na identificação de novas práticas científicas menos conhecidas.

De forma a reforçar a análise acima, trazemos considerações em relação à categoria *Discussão sobre práticas científicas*. Esse recorte da análise foi, principalmente, originado da análise de dados como o diário pessoal do professor (principalmente) e as questões respondidas pelos estudantes nos MIs. A leitura da NHL e as questões apresentadas aos estudantes proporcionaram a identificação de certas

práticas científicas, entretanto durante a TLS houve pouco espaço onde os estudantes participassem de uma atividade na qual houvesse a problematização e debate acerca dessas práticas. Os momentos nos quais isso iria ocorrer foram, principalmente, a resolução das questões nos MIs, a escrita da narrativa em grupos e a aula após a correção dessas narrativas. Entretanto, o andamento de cada uma dessas atividades mostrou percalços em cumprir com esse objetivo, como já destacado.

Assim, concluímos que a leitura e escrita de NHs, articulada com as atividades presentes na TLS desse ano, promoveu, em certo grau, discussões sobre as práticas científicas. Entretanto, o espaço e tempo disponíveis para tal não foram suficientes e as narrativas dos alunos apresentaram só as práticas discutidas em sala. Dessa forma, para o planejamento da TLS para 2016 contou com essa inquietação, como será apresentado adiante.

Em relação ao *Interesse na leitura e escrita de NHs*, encontramos no diário do professor uma reação muito positiva dos estudantes. Em relação à leitura, em todas as turmas o professor foi questionado sobre quem havia escrito a NHE e algumas falas dos estudantes mostraram seu interesse. Não houve reclamações ou manifestações de estudantes que tenham sido interpretadas como negativas em relação a essa atividade.

Sobre a escrita, houve a manifestação de muitos estudantes em sala de aula sobre o grau de dificuldade da tarefa, incluindo a etapa da pesquisa para realizar a escrita. Ainda assim, o professor identificou que essas manifestações não soaram como puras reclamações em relação à tarefa, mas como catarses dos estudantes pelo tempo que haviam disponibilizado para a escrita.

Isso foi reforçado com a manifestação de muitos grupos entusiasmados com o resultado das suas narrativas, apontando que foi um grande desafio e que o grupo o superou se unindo, dividindo tarefas, se comunicando à distância, entre outros comentários. Alguns estudantes relataram as “aventuras” que passaram para terminar a narrativa, enquanto outros contaram que conseguiram sentar à mesa de jantar com a família e explicar o conteúdo da pesquisa realizada pelo grupo para os pais. Isso foi visto como uma conquista da TLS, visto que a prática de escrever textos, principalmente narrativos, não é comum em aulas de Física e a escrita de uma narrativa de 2 páginas inspirada em uma pesquisa acadêmica não é simples.

Em relação à categoria *Epistemologia de conceitos científicos*, encontramos em cinco das seis NHEs analisadas (e em muitas das NHEs de outras turmas) trechos nos quais havia uma "explicação" sobre conceitos científicos, normalmente dada por um personagem histórico, como Leibniz, Huygens ou Newton. Grande parte dessas explicações foram avaliadas como corretas e muitos grupos ainda expandiram a análise desses conceitos trazendo considerações que esses personagens apresentaram em debates da época, como a analogia entre a transferência de quantidade de movimento com a teoria das balanças estáticas (NHE I).

Além do conteúdo presente nas narrativas, durante as atividades da TLS o professor afirmou que se sentiu confortável em promover explicações a nível conceitual possibilitando o estudo de conceitos como *quantidade de movimento*, *vis viva* e *espaço* e *tempo*. Em sua concepção, as atividades da TLS possibilitaram um estudo sistemático e matemático desses conceitos.

Por fim, a partir dos dados obtidos pelas atividades, pelo diário do professor e de uma análise geral sobre a TLS realizada em nossas reuniões, o NIEHCC concluiu que a TLS esteve de acordo com o *Contexto de aplicação*. Dessa forma, iniciou-se o processo de *re-design* pensando na aplicação da TLS para o ano seguinte, de 2016. As modificações realizadas sobre a TLS serão descritas a seguir.

4.3.4 – Re-design (2015 para 2016)

Com a TLS do ano de 2015 finalizada e os resultados da *avaliação* realizada pelo NIEHCC, chegou o momento de *re-design* da TLS para a aplicação em 2016. Algumas das modificações foram centrais e outras menos estruturais. Nessa seção, apresentaremos as modificações realizadas, mas a TLS de 2016 será na íntegra descrita na parte de *princípios de design* doa no de 2016.

A NHL se manteve a mesma, com pequenas modificações em frases que foram consideradas como não estando claras. Entretanto, como destacamos anteriormente, foi avaliado que o número de questões apresentadas aos estudantes, nos MIs, foi muito elevado e que as mesmas abrangiam temas amplos demais. Logo, o número de questões

foi diminuído e elas foram reformuladas na busca de promover textos mais objetivas e, assim, discussões entre os estudantes mais direcionadas, nas quais as práticas científicas fossem melhor problematizadas. As questões modificadas e apresentadas no ano seguinte estão na descrição da TLS de 2016.

Um dos principais problemas identificados pelo professor durante as atividades foi o destaque insuficiente às práticas científicas nas aulas, nas quais foram utilizados os slides. Além disso, o professor reconheceu que durante essas aulas não houve abertura suficiente à participação dos estudantes. Essa avaliação foi considerada em função das práticas científicas apresentadas nas narrativas escritas pelos estudantes terem sido, em sua maioria, exatamente iguais àquelas trabalhadas pelo professor em sala de aula.

Apesar dessa evidência não ser inteiramente negativa, foi suposta uma hipótese sobre as causas desse fato: as expectativas dos estudantes foram, de alguma forma, responsáveis pelo comportamento deles perante as atividades de debate, com impacto direto na escrita da NHE. Isto é, que na expectativa de "receber um conteúdo" do professor de Física, a participação nos debates e o modo como escreveram suas NHEs foram muito assertivos, como se estivessem simplesmente relatando um evento fatídico. Assim, insistimos na necessidade de mais atividades nas quais houvesse momentos de identificação e problematização de práticas científicas, onde ficasse claro que não estamos buscando ensinar somente um conteúdo pré-estabelecido, mas promover reflexões.

Nas reuniões do NIEHCC foram decididas duas modificações em prol a responder essa inquietação. Primeiro, novas pesquisas foram realizadas pelo grupo com o intuito de apresentar um contexto histórico capaz de melhor identificar práticas não comumente associadas à Ciência e enriquecer as aulas com mais exemplos relacionados às práticas científicas que objetivamos discutir com a NHL.

Os slides foram ampliados com mais informações sobre a formação das instituições científicas no século XVII e XVIII e, a partir de pesquisas de outros integrantes do NIEHCC, o estudo da República das Letras foi ampliado significativamente (JARDIM e GUERRA, 2017). Somado a isso, o professor se sentiu mais capaz de trabalhar esse conteúdo em sala de aula, inclusive levantando mais questões para que a voz dos estudantes fosse ouvida. Assim, planejou incluir MIs

durante a exibição dos slides, com vistas a provocar questionamento para os estudantes e instigar suas falas durante as aulas.

A segunda modificação foi inspirada não somente pelas considerações acima, mas também pelo fato de o professor ter identificado que após os estudantes terem escrito suas narrativas em grupo, estas eram abandonadas como "trabalhos já feitos, logo não importantes". Como foi destacado anteriormente, na aula em que as narrativas foram devolvidas, os estudantes apresentaram pouco interesse e atenção no levantamento de questões sobre as narrativas de seus colegas.

Assim, foi pensado um novo formato para essa parte final da TLS. Os estudantes teriam que escrever uma primeira versão de uma narrativa que seria entregue e avaliada pelo professor. Em seguida, com a avaliação sendo retornada, os grupos de estudantes teriam que refazer a narrativa em uma segunda e final versão para ser entregue em seguida. Dessa forma, esperávamos que o professor conseguisse, na avaliação da primeira versão da narrativa, propor modificações e questões para os grupos que gerassem novas pesquisas e debates entre seus membros, além de uma revisita aos seus próprios textos com o objetivo de produzir uma segunda versão da narrativa mais elaborada. Com isso, o cronograma das atividades teve que ser modificado para dar mais tempo à escrita das duas versões.

Essas foram as três principais modificações para a TLS de 2016: reformulação das questões apresentadas nos MIs, reformulação das aulas com os slides e a proposta de escrita de uma NHE pelos estudantes em duas versões, de forma que a segunda versão fosse resultado do trabalho dos estudantes a partir da avaliação realizada pelo professor na primeira versão.

Além dessas modificações mais centrais à TLS, duas outras também merecem destaque. Primeiro, entendemos que foram utilizadas muitas aulas (3 ou 4 aulas de 50 minutos) para a leitura das três partes da NHL em conjunto com as questões nos MIs. Foi identificado que essas aulas ficaram cansativas para os estudantes e muito repetitivas (ler e responder questões). Assim, após a leitura da segunda parte da NHL, as aulas com slides foram apresentadas de forma que a terceira parte da NHL foi lida em sala somente uma semana depois e, em seguida, mais aulas com slides foram realizadas. Esperávamos com isso trazer uma maior dinâmica à sequência de atividades.

Por fim, durante as reuniões do NIEHCC, nas quais as narrativas dos estudantes estavam sendo analisadas, foi sentida a necessidade de contextualizar a produção dos estudantes com seus contextos escolar e pessoal. Em outras palavras, entendemos que seria valiosa uma coleta de informações sobre os estudantes para que a análise de seus textos possibilitasse encontrar possíveis relações entre o discurso presente em suas narrativas e seus contextos pessoais.

5– A Design Based Research em 2016

Sobre o ano de 2016, algumas considerações devem ser trazidas antes das etapas da DBR serem descritas. Primeiro, 2016 foi o terceiro ano de atuação do professor na instituição escolar em questão e o segundo ano seguido no qual ele ministrou aulas para os quatro cursos nos quais a TLS foi aplicada (1º ano de Eletrotécnica, Eletrônica e Telecomunicações e 2º ano de Turismo), que possuem o mesmo currículo de Física.

Assim, ele havia desenvolvido mais familiaridade com a instituição, com sua burocracia, com a equipe de professores de Física, com outros professores e funcionários, com o espaço físico e calendário escolar. Mas, principalmente, por ser o segundo ano seguido com esses cursos, o professor se sentiu mais à vontade com os respectivos conteúdos obrigatórios a serem trabalhados, pois estes foram os mesmos do ano anterior.

Também é importante destacar que as cinco questões que orientaram a *avaliação* em 2015, também inspiraram a *avaliação* em 2016. Entretanto, como já mencionado acima, a quarta questão, relacionada à realização de um estudo epistemológico e conceitual na TLS, foi retirada do foco da DBR nos anos seguintes.

5.1 – A Seleção do tema e os princípios de design

A TLS de 2016 foi realizada no terceiro bimestre, assim como no ano anterior. Foi mantido o tema histórico trabalhado e foi utilizada a mesma NHL para ser lida em sala de aula. Além disso, foi mantido o aporte na HCC e a utilização da leitura e escrita de NHs como estratégia pedagógica com o potencial de envolver os estudantes e promover o estudo das práticas científicas.

Entretanto, houve uma mudança de enfoque para as aulas em que o recorte histórico da NHL era discutido com os estudantes. Em 2015, buscávamos a identificação, a problematização e o estudo das práticas científicas, buscando revelar a complexidade de elementos que compõe o fazer científico. Naquele ano, no entanto, o

professor entendia que era importante defender o aporte na HCC como uma estratégia conteudista, através do qual bastaria "aprender" certa variedade de práticas realizadas por cientistas para "entender como funciona a ciência". Assim, no ensino de Física só mudaria o conteúdo, do produto científico para certas práticas científicas.

Ao longo dos estudos teóricos de 2015 e início de 2016, percebeu-se que entender a ciência como manifestação cultural é mais do que isso. Através do aporte da HCC, novos atores, antes periféricos, e outros espaços de produção de conhecimento científico podem ser identificados. Assim, foi reconhecida a importância de destacar quais personagens foram mais valorizados ou marginalizados na produção científica, problematizando seu caráter democrático (MORUS, 2016).

Como exemplo, podemos destacar certos grupos sociais como as mulheres e negros, mas também outros personagens periféricos como artesãos, navegadores, instrumentalistas ou técnicos de laboratório, cuja importância veio a ser mais revelada com as novas leituras. Além disso, novas formas de se conhecer e de produzir conhecimento também passaram a merecer destaque, revelando que a classificação "científico" não define uma episteme única e universal (DASTON e LUNDBECK, 2011). Com isso em vista, a TLS e a atuação do professor puderam ser repensadas, considerando e dando maior destaque à dimensão política do Ensino de Ciências.

Por exemplo, houve uma ampliação dos estudos sobre a República das Letras do século XVI ao XVIII. Através de novas leituras (BROCKLISS, 2013; JARDIM e GUERRA, 2017; http://www.e-enlightenment.com/), foi possível reconstruir as *Aulas com Slides* de forma que ficasse mais claro que estar nos centros das trocas de cartas significava ser ouvido, ter seu trabalho melhor divulgado, mais rápido e conferia maior confiança aos seus trabalhos.

Apesar da maioria dos membros da República das Letras integrarem a elite influente da época, ou seja, eram príncipes, aristocratas, advogados e doutores, foi possível destacar que tal república virtual também contava com a contribuição de centenas de participantes periféricos advindos de diversos segmentos sociais. Dessa forma, esse estudo gerou uma reconstrução das atividades pedagógicas, com o objetivo de possibilitar aos estudantes entender melhor essas questões relativas ao contexto histórico estudado. Assim, mais do que reproduzir informações sobre a República, a TLS foi desenhada para possibilitar debates em sala de aula sobre a ciência.

Em relação ao uso de textos narrativos, a maior mudança em 2016 foi o repensar de como as atividades em sala poderiam orientar os estudantes, de forma a potencializar as reflexões sobre as práticas científicas na construção das NHEs a partir da pesquisa sobre os temas selecionados. Na análise da TLS de 2015, identificamos que as NHEs estavam muito parecidas com a do professor, em seus temas e formatos; e que, após a entrega da NHE, os estudantes perderam o interesse em debater o que foi escrito. Assim, a análise da TLS de 2015 gerou a seguinte questão: a escrita da NHE por parte dos estudantes foi somente uma reconstrução de informações retiradas das fontes pesquisadas, configurando uma narrativa que visava somente cumprir com os critérios apresentados pelo professor no *Roteiro*?

Esses resultados e o reconhecimento de que o grau de engajamento dos estudantes com a leitura e com a escrita de NHs é um fator central em desenvolver nossos objetivos pedagógicos na TLS, nos fez buscar na literatura subsídios para orientar o design da TLS de 2016, com vistas a potencializar o interesse dos estudantes. Através dos trabalhos de Suzanne Hidi (2001), Valerie Anderson (ANDERSON e HIDI, 1992) e K. Ann Renninger (HIDI e RENNINGER, 2006) foi possível construirmos um novo olhar sobre o grau de interesse e, assim, de envolvimento com as atividades, desenvolvido pelos estudantes na TLS.

A influência do interesse nos resultados dos trabalhos desenvolvidos em sala de aula vem sido identificada na literatura como um fator positivo a ser explorado e parece atuar em algumas dimensões, como na atenção dada ao estudo, na construção de objetivos pessoais e no aprendizado em diferentes níveis (HIDI e RENNINGER, 2006). Podemos definir interesse como uma variável motivacional, que é resultado de uma interação entre uma pessoa e um estímulo, que pode ser um conteúdo em particular, não sendo possível identificar a origem do interesse retirando um desses elementos (HIDI, 2001).

O interesse é um fenômeno complexo, que apresenta características e repercussões cognitivas e afetivas (HIDI, 2001). O desenvolvimento de interesse resulta em um estado psicológico que motiva um indivíduo a engajar em algo ou a predisposição de reengajar em classes específicas de objetos, eventos ou ideias através do passar do tempo (HIDI e RENNINGER, 2006). Estudos indicam que um indivíduo nesse estado de interesse apresenta maior atenção, função cognitiva, persistência e

relações de afeto com um assunto (HIDI, 2001). Entretanto, somente o termo interesse não é o suficiente para definir a qualidade que motiva um ser humano de engajar de alguma forma com alguma atividade (HIDI, 1990). Por exemplo, não é trivial a busca por identificar e avaliar o interesse de estudantes em atividades propostas por um professor.

Assim, torna-se uma questão: existe somente um "tipo" de interesse? O interesse que duas pessoas demonstram por algo, necessariamente tem a mesma origem, a mesma motivação (HIDI, 2001)? Por exemplo, se duas pessoas se interessam por um filme, devemos afirmar que o interesse se origina dos mesmos elementos, como personagens, enredo, fotografia, trilha sonora, etc.? É possível que uma delas tenha um antigo interesse pelo tema do filme e, assim, se encantou pela sua narrativa ou pelas questões que conseguiu levantar enquanto assistia. Ao mesmo tempo, a outra pessoa pode ter ficado maravilhada pela fotografia ou pela atuação no filme. Talvez essa segunda pessoa esqueça o filme em alguns meses, enquanto a primeira pode recorrer a ele durante toda sua vida.

Na literatura, esse caso seria diferenciado, afirmando a existência entre dois tipos de interesse: o *interesse individual* e o *interesse situacional* (RENNINGER, 2000; HIDI e ANDERSON, 1992). O *interesse individual* refere-se à predisposição relativamente duradoura de uma pessoa a se reconectar com um conteúdo particular ao longo do tempo, bem como ao estado psicológico imediato, quando esta predisposição foi ativada. O *interesse situacional* refere-se à atenção focalizada e à reação afetiva que é desencadeada no estímulo ambiental, que pode ou não durar ao longo do tempo (HIDI, 1990).

O *interesse individual* refere-se a uma relação contínua e aprofundada de uma pessoa com um conteúdo de assunto específico que, de fato, tem qualidades de envolvimento total e orientação para a tarefa. Inclui um tipo de valor mais caro à pessoa do que o *interesse situacional*, bem como uma base cada vez mais consolidada de conhecimento do discurso (RENNINGER, 2000). Um indivíduo intrinsecamente (individualmente) motivado com um conteúdo apresenta um comportamento engajado e demonstra um foco em uma dada tarefa em prol da própria tarefa (RENNINGER, 2000).

O desenvolvimento de *interesse individual* é mais lento, mas também mais duradouro e é associado com o desenvolvimento de conhecimento e de valor, o que resulta em sensações positivas no indivíduo (HIDI, 2001). Considerando a perspectiva educacional, mesmo quando um estudante está engajado em uma atividade onde há a construção de conhecimento, é comum que ele enfrente sensações de frustração nesse processo. O *interesse individual* capacita o indivíduo a persistir frente à frustração, às dificuldades enfrentadas e a sentimentos de fracasso (RENNINGER, 2000). Estudos apontam que, quando são comparados os resultados de estudantes sobre uma análise textual, onde um grupo demonstrava um *interesse individual* sobre o tema do texto, esse grupo registrou mais opiniões sobre o texto, apresentou mais detalhes ao relatar o texto, trouxeram mais informações adicionais relevantes ao texto e recordaram mais informações e detalhes sobre o texto posteriormente (RENNINGER, 2000).

Já um indivíduo motivado de acordo com variáveis externas, do ambiente, mostrará atenção provocada pelo conteúdo no sentido de prazer e curiosidade, mas nenhuma suposição pode ser feita sobre o nível de conhecimento e vontade de conhecer o conteúdo. (RENNINGER, 2000). Assim, esse engajamento é classificado como *interesse situacional* por abarcar todos os tipos de interesse acionado por variáveis imediatas do ambiente.

Em um contexto escolar, onde utilizamos textos narrativos com os estudantes, as características literárias das NHs, como o *drama*, a linguagem acessível e a surpresa dos estudantes em lerem uma narrativa em aulas de Física podem ser entendidos como variáveis externas que podem incitar um *interesse situacional* nos estudantes (HIDI, 2001). Estudos apontam que o desenvolvimento de *interesse situacional* pode potencializar o envolvimento de estudantes em atividades, como na leitura e compreensão de um texto, associação de informações com um conhecimento prévio e auxílio na aprendizagem (HIDI e RENNINGER, 2006). Assim, essa pode ser entendida como uma etapa inicial no desenvolvimento de interesse de um indivíduo e novas etapas podem ser buscadas.

Em Hidi e Renninger (2006), as autoras defendem que é possível estimular um *interesse situacional* e manter esse interesse, como forma de estimular e desenvolver um *interesse individual*. Educadores podem criar estratégias para ajudar estudantes a manter a atenção em tarefas (*interesse situacional*), criando atividades que sejam

atraentes, adequadamente desafiadoras, que apresentem oportunidades para estudantes levantarem questões e que envolvam soluções de problemas (HIDI e RENNINGER, 2006, p. 121).

Durante essas atividades, é recomendável que o educador dê suporte e retorno aos estudantes, para que o interesse seja mantido. Outra ação recomendada pelas autoras é a proposta de atividades em que haja opções de escolhas para os estudantes tomarem decisões (HIDI e RENNINGER, 2006, p. 122). Isso possibilita que eles se sintam mais autônomos no processo, o que desenvolve sensações positivas, mas também geram uma mudança de um apoio externo para uma motivação mais interna no indivíduo, à medida que o interesse se desenvolve.

A partir dessas considerações, entendemos ser importante evitar a utilização do "interesse" dos estudantes como parâmetro unívoco e, necessariamente, positivo numa atividade pedagógica. Se um estudante não gostou de um exercício, discussão, desafio, ou qualquer outra atividade, isso não significa que esta tenha sido inútil, nociva ou não aproveitada por ele. Não é por que nossos filhos não gostam de comer verduras, que isso deva ser evitado.

Dessa forma, entendemos que nossa busca por gerar, ou encontrar, interesse está ligada à possibilidade de potencializar o engajamento dos estudantes nas atividades propostas na TLS e com o professor, pois o processo educacional é um processo social e de caráter emotivo e afetivo. (HIDI e RENNINGER, 2006; HIDI, 2001). Considerando o interesse uma variável importante em nosso trabalho, construímos o design da TLS de 2016, descrito na próxima seção.

5.2 – Design

Para 2016, o *design* da TLS sofreu poucas, mas importantes modificações. Cada modificação será descrita nas subseções a seguir, mas elas podem ser resumidas em três partes. Primeiro, retiramos algumas questões do MI e alteramos o texto de outras, com vistas a potencializar a compreensão das questões por parte dos estudantes. Dessa forma, os enunciados foram escritos para contemplar questões menos abrangentes, na

perspectiva de direcionar as discussões em sala e otimizar o tempo disponível em aula para a atividade.

Como segunda modificação do *design*, os slides das *Aulas com Slides* foram modificados com o objetivo de direcionar melhor as discussões em sala sobre as práticas científicas, principalmente sobre a rede de troca de cartas e as atividades de filósofos naturais em instituições científicas no século XVIII.

A última modificação realizada em 2016 foi sobre a proposta de produção da NHE. Para esse ano, a NHE teria duas versões. A primeira versão seria previamente entregue ao professor, que devolveria aos estudantes a NHE comentada, para que, então, eles pudessem construir uma segunda versão, contemplando as críticas apontadas pelo professor na avaliação da primeira versão. Assim, após a avaliação da segunda versão da NHE, como última atividade da TLS, o professor levantaria questões em sala de aula com os estudantes.

Diminuição e modificação das questões nos Momentos de Interrupção

A NHL entregue aos estudantes para leitura se manteve a mesma, dividida em três partes e contendo o MI. Entretanto, conforme já destacado, o número de questões no MI foi diminuído e seus formatos foram modificados, com o intuito de promover discussões mais direcionadas sobre cada tema. Serão apresentadas modificações das questões dos três MI. Nos quadros a seguir, destacamos as questões de 2015 e quais foram retiradas ou modificadas para o ano de 2016.

Após a parte 1 da NHL, as questões de 2015 foram modificadas para 2016 assim:

2015 – 1° Momento de Interrupção

I. O local onde uma pessoa nasça auxilia a definir suas decisões de vida? E suas origens familiares? ***(retirada)***

II. Qual é a importância da leitura para a vida de alguém? ***(modificada I quadro abaixo)***

III. É possível que áreas consideradas distintas, como o Direito e a Física (ou Filosofia, Teologia, Biologia, Química,...), gerem influências na(s) outra(s)? Em que grau? Como vocês relacionariam algumas dessas áreas? Cite um exemplo. ***(modificada II quadro abaixo).***

2016 – 1° Momento de Interrupção

I. Como o ato de ler, a leitura, influencia a vida de alguém? E na escolha da sua profissão?

II. É possível acharmos relações entre áreas consideradas distintas, como o Direito e a Física (ou Filosofia, Teologia, Biologia, Química,...)? Que relações? Deem dois exemplos da influência de uma área do conhecimento em outra e os expliquem.

Como destacado acima, a questão I de 2015 foi retirada e a II se tornou a questão I de 2016. A análise das respostas da versão de 2015 mostrou que as respostas dos estudantes foram muito vagas ou imprecisas, isto é, menos elaboradas e exemplificadas do que esperávamos. A proposta, na questão I, de destacar a importância da leitura está ligada às discussões propostas a serem realizadas em seguida na TLS, sobre a rede de troca de cartas no séc. XVII e XVIII, sobre o entendimento do ler e escrever como práticas científicas e, logo, sobre a necessidade de filósofos naturais se comunicarem e estarem atualizados com outros trabalhos. Por isso, levantamos a questão sobre a influência da leitura sobre a escolha profissional de alguém.

A pergunta III de 2015 foi modificada somente no seu formato, buscando mais clareza em seu entendimento. Ela teve, novamente, como objetivo enriquecer as visões dos estudantes sobre a ciência, possibilitando discussões sobre as inúmeras relações entre as áreas hoje, destacando que os filósofos naturais do século XVIII pesquisavam em muitas áreas.

Como resultado das modificações feitas nas questões de 2015, o 2° MI, em 2016, contou com um total de três questões. Essas questões tiveram o objetivo de promover debates mais focados sobre práticas cotidianas dos filósofos naturais da época histórica estudada:

2015 – 2° Momento de Interrupção

I. Podemos dizer que os filósofos naturais (ou cientistas de hoje) trabalham isoladamente? O conhecimento científico é construído socialmente? Qual é o papel do indivíduo? ***(modificada II quadro abaixo)***

II. A política influencia ou é influenciada pela ciência? E qual é a importância de instituições científicas para o desenvolvimento de conhecimento científico? Elas existem ainda hoje? Você saberia citar

uma delas? ***(modificada III quadro abaixo)***

III. O que é um princípio? Qual é a importância dos princípios para a ciência? ***(retirada)***

IV. Sempre encontramos algum princípio nos argumentos de alguém em um debate? Explicitamente ou implicitamente? Pense em alguma ideia ou visão que você tenha sobre o mundo ou alguma crença e busque definir um princípio que está presente ali (caso exista, você pode nunca o ter reconhecido)? ***(retirada)***

2016 – 2° Momento de Interrupção

I. Como você acha que ocorre o trabalho de um cientista, hoje? Tentem se imaginar um cientista em formação ou já atuante e descrever o maior número de etapas, com detalhes, de como ocorre os seguintes processos na vida profissional de um cientista:

a) Da formação acadêmica à contratação como cientista.

b) O dia a dia do trabalho como pesquisador (descrevam um dia comum e algumas etapas de longo prazo).

II. Podemos dizer que os filósofos naturais (ou os cientistas de hoje) trabalham isoladamente? Qual é o papel do indivíduo e qual é o do coletivo?

III. Ainda pensando na questão acima, qual é a importância de instituições científicas para o desenvolvimento de conhecimento científico? Elas existem ainda hoje? Você saberia citar uma delas? *(pensem se o cientista trabalha sozinho; se o conhecimento é construído isoladamente, sem comparações, críticas, avaliações por outros; qual é o papel do indivíduo no processo e qual é o do coletivo; como chega-se à conclusão de que um trabalho está "certo", aceito; podemos dizer que chega-se à verdade?).*

Retiramos duas questões de 2015 (III e IV), pois reconhecemos na *avaliação* que a discussão sobre princípios filosóficos presentes na produção científica não foi bem contemplada em nenhuma atividade posterior da TLS. Considerando o aprofundamento do estudo histórico desenvolvido no ano de 2015, nos afastamos um pouco do estudo epistemológico da ciência, dando maior atenção às discussões sociológicas sobre o caráter coletivo do trabalho de um cientista e, assim, da importância de instituições científicas. Isso esteve em harmonia com as modificações realizadas na *Aulas com Slides*.

Na questão I de 2016, buscamos direcionar os estudantes a pensar em atividades diárias, em como o cientista "preenche o seu tempo", relembrando-lhes que ser cientista

é uma profissão. Ao questionar os estudantes sobre o que eles fazem diariamente, não esperávamos respostas detalhadas, pois não foi definida nenhuma área específica de um cientista. Por isso, esperávamos encontrar respostas do tipo "fazem experimentos e acham resultados".

Considerando que não buscávamos respostas "corretas", essa questão teve três objetivos: situar o debate sobre o cotidiano de cientistas, facilitando a compreensão das questões II e III; revelar que ações de cientistas os estudantes identificariam como coletivas; além de levantar dúvidas, possibilitando ao professor andar pela sala estimulando novas reflexões. Assim, a partir das respostas que estavam sendo registradas pelos estudantes, foi possível provocá-los, questionando, por exemplo, "será que os cientistas gastam o dia inteiro realizando experimentos (8 horas por dia, durante anos)?" e "se o cotidiano de um físico, um químico ou um paleontólogo apresentam essas mesmas atividades?".

As questões II e III serviram para expandir essas reflexões, trazendo o enfoque ao trabalho coletivo dos cientistas e levantando questões sobre a institucionalização da ciência. Reconhecemos a possibilidade de alguns estudantes não entenderem o que significa uma instituição científica e a questão III busca tratar exatamente desse ponto, para que seja possível os alunos colocaram questões sobre esse tema, expondo, por exemplo, dúvidas sobre o significado de instituição científica.

Na parte III da NHL, produzimos as seguintes modificações:

2015 – 3° Momento de Interrupção

I. O que vocês acham sobre o comentário "a matemática é a linguagem da ciência"? Como podemos entender a matemática como uma linguagem? Pode-se fazer ciência sem matemática? E hoje? ***(mantida)***

II. Podemos dizer que exista uma "cultura científica"? (Pesquise o termo *cultura*!) Seria a ciência uma cultura ou parte de uma cultura mais ampla? ***(retirada)***

III. De que forma os cientistas comunicam os resultados de suas pesquisas aos seus colegas? Que tipo de procedimentos e padrões existem para fazer isso? De que forma os cientistas se comunicam com o restante da sociedade? Há problemas ou dificuldades de comunicação entre os cientistas e o público em geral? Por que a comunicação dos resultados da ciência é importante? ***(modificada II e III quadro abaixo)***

IV. Controvérsias na ciência ocorrem hoje em dia? De que modo as

controvérsias são resolvidas? **(mantida)**

V. A teoria influencia a observação dos fenômenos e/ou a análise de experimentos? Como isso pode ser evidenciado? Há observações "neutras"? ***(retirada)***

2016 – 3° Momento de Interrupção

I. Debatam sobre o comentário "a matemática é a linguagem da ciência"? Como podemos entender a matemática como uma linguagem? Podia-se fazer ciência sem matemática antigamente? E hoje?

II. De que forma os cientistas comunicam os resultados de suas pesquisas aos seus colegas? Que tipo de procedimentos e padrões existem para fazer isso?

III. De que forma os cientistas se comunicam com o restante da sociedade? Há problemas ou dificuldades de comunicação entre os cientistas e o público em geral? Por que a comunicação dos resultados da ciência é importante?

IV. Controvérsias na ciência ocorrem hoje em dia? Em que medida e de que modo as controvérsias são resolvidas?

Em 2016, mantivemos a primeira questão, que buscou levantar reflexões entre a Física e a Matemática, uma característica importante das pesquisas em Mecânica no séc. XVII. Apenas realizamos pequenas modificações em seu formato, para promover discussões sobre o século XVII e realizar um contraste com a atualidade, ao incluirmos a palavra "antigamente" no final da questão.

A segunda questão de 2015 foi excluída após reconhecermos que o termo "cultura" provocou muitas dúvidas e respostas genéricas e não houve tempo em sala de aula para discuti-lo. A terceira questão de 2015 foi dividida em duas partes, tornando-se as questões II e III de 2016, pois, em 2015, reconhecemos que os estudantes buscaram produzir uma só resposta, em um texto contínuo, que respondesse a todas as partes da questão. Isso tornava a resposta imprecisa, dificultando uma reflexão mais direcionada. Assim, direcionamos as discussões sobre a comunicação entre cientistas na questão II e sobre a comunicação entre cientistas e sociedade na questão III de 2016.

A questão IV de 2015 foi mantida quase na íntegra, com uma pequena modificação em seu formato, ainda com o objetivo de chamar a atenção dos estudantes

sobre a existência de controvérsias na ciência, tomando o exemplo da disputa pelo Cálculo Diferencial presente na terceira parte da NHL. Por fim, a última questão de 2015, que tratava da relação entre teoria e observação no experimento científico foi retirada, visto que o tema da questão nos pareceu distante das discussões presentes nas outras questões, o que, em 2015, gerou dispersão por parte dos alunos ao responder essa questão.

Ao compararmos as questões dos três MIs, entre 2015 e 2016, houve uma redução e modificação das questões com o objetivo de possibilitar discussões entre os estudantes e a construção de respostas mais precisas pelos grupos, adequadas ao tempo disponível dentro de sala de aula. Com menos temas debatidos nessas questões, foi possível direcionar melhor as discussões pelo restante das atividades, como nas *Aulas com Slides*.

Modificações nas Aulas com Slides

Na análise dos dados de 2015, identificamos que as *Aulas com Slides* não trouxeram informações e problematizações suficientes para promover reflexões sobre algumas práticas científicas no início do século XVIII. Assim, em 2016, foram feitas modificações nos slides, que acompanharam um maior domínio no discurso do professor em sala de aula, inspirado pela realização da TLS em 2015 e pelos estudos históricos realizados pelo NIEHCC entre os dois anos.

A seguir, serão destacados os slides que foram incluídos, que trouxeram mais informações sobre a República das Letras e sobre as atividades realizadas por filósofos naturais nas instituições científicas, principalmente na Royal Society de Londres e na Academia de Ciências de Paris. Buscaremos deixar claro como as modificações realizadas nos slides possibilitaram ao professor apresentar, problematizar e discutir em sala de aula diversas práticas científicas e, assim, revelar novos atores e espaços de produção de conhecimento científico. Os slides serão apresentados na ordem em que apareceram na aula.



Figura 4: 1° Slide adicionado: Os jardins botânicos como locais de produção de conhecimento

O primeiro slide contém uma imagem de um jardim botânico pertencente à família prussiana dos Brunswick, para quem Leibniz trabalhou por muitos anos construindo sua genealogia (JOLLEY, 1994). A partir desse slide, foi possível discutir a importância de locais como jardins botânicos, não reconhecidamente entendidos pelos alunos como locais de produção científica. Aqui o professor pôde tecer alguns comentários sobre a produção em botânica no séc. XVIII, sobre o papel das mulheres na análise de plantas e flores, como ilustradoras desses espécimes e como esse tipo de trabalho não aparece necessariamente nas publicações da área (PAL, 2012).



Figura 5: 2° Slide adicionado: Datas importantes para a Royal Society de Londres

O segundo slide adicionado teve como tema central a Royal Society. Ele foi construído com 3 imagens da época, uma sequência de datas importantes para a instituição e um link para um vídeo. O vídeo é uma produção da Royal Society, onde pesquisadoras falam sobre exemplos de mulheres na ciência através da história da instituição. As imagens representam, em ordem horária e começando pela mais acima: a capa da *Philisophical Transactions*, a revista de divulgação dos trabalhos realizados por membros da instituição; o desenho de uma pulga ampliada por lentes, presente no trabalho intitulado Micrographia (1665), de Robert Hooke; e uma imagem de Isaac Newton[12]. O objetivo dessas imagens era apresentar a primeira revista europeia de divulgação dos trabalhos realizados na instituição, exemplificar um trabalho de um membro da academia na mesma época de Newton (Hooke) e destacar que Newton foi o presidente da instituição no final do século XVII.

As datas foram retiradas do site oficial da Royal Society[13] e selecionadas para destacar certos pontos. Foram destacadas as seguintes datas: a da fundação da Royal Society; a da publicação de documentos escritos pelo rei Carlos II (1630-1685), inaugurando a instituição, cedendo o direito à pesquisa e propiciando um financiamento real; a da primeira publicação da revista Philosophical Transactions e de três grandes trabalhos de membros da instituição (Leeuwenhoek, Hooke e Newton); a da primeira premiação da Medalha Copley, que homenageava trabalhos de destaque "em qualquer ramo científico" (JOLLEY, 1994); e a da primeira publicação na Philosophical Transactions de uma mulher, Caroline Herschel (1750-1848).

Com essas datas, esperamos destacar o contexto no qual a Royal Society foi inaugurada e discutir algumas características de seus membros, a importância de um documento oficial Real ao proporcionar o direito à pesquisa e o financiamento para seu funcionamento. Também seria destacado, através desse slide, que o editor da primeira edição da *Philisophical Transactions*, Henry Oldenburg (1619-1677), iniciou a prática da revisão por pares (*peer review*), por enviar os artigos recebidos para análise de membros da instituição antes de publicá-los (JOLLEY, 1994).

Os três trabalhos apresentados foram escolhidos por serem uns dos primeiros e mais importantes a serem publicados na revista da instituição e, também, para

[12] Retrato de Sir Isaac Newton com 59 anos, por John Smith, 1712.
[13] https://royalsociety.org/about-us/history/

possibilitar uma discussão sobre o caráter não segmentado em áreas disciplinares, como Física e Biologia, dos trabalhos de filósofos naturais do séc. XVII. Vale destacar que a publicação dos *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural* de Newton já havia sido apresentada aos estudantes no bimestre anterior ao da TLS.

A 7ª data apresentada se situa no meio do séc. XVIII, mas foi selecionada para destacar um dos primeiros prêmios destinados a pesquisas científicas. Por fim, com a última data, 1787, podemos discutir o intervalo de tempo entre a fundação da Royal Society e a primeira publicação de uma mulher em sua revista de divulgação. E nessa discussão, foi importante revelar que, naquele ano, mulheres ainda não podiam se tornar membros da instituição.

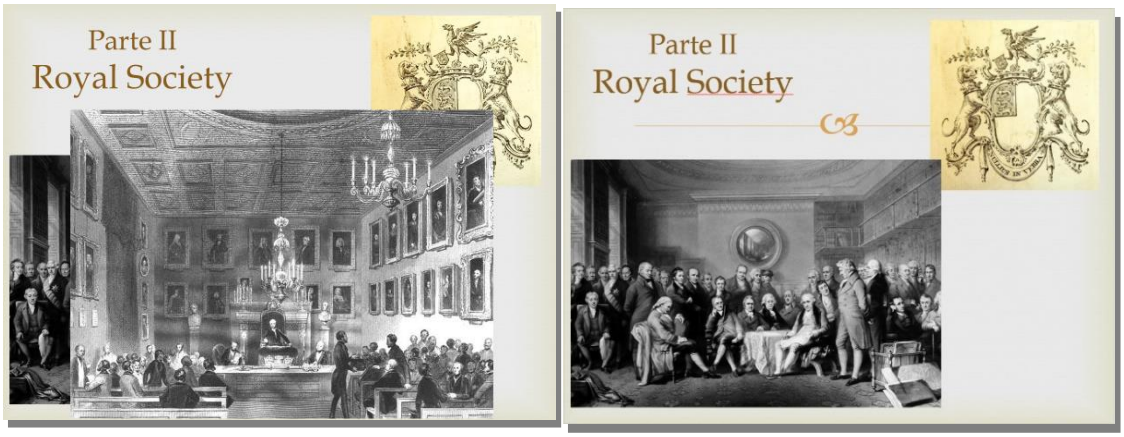


Figura 6: 2° Slide adicionado: Reuniões da Royal Society
(as duas imagens revelam todas as imagens presentes em um único slide)

No terceiro slide, existem três imagens sobrepostas (destacadas através da animação no slide), uma sendo o símbolo da Royal Society e as outras duas ilustrando reuniões realizadas na instituição, uma no século XVIII (na esquerda) e outra no século XIX (na direita). Buscamos ilustrar que, nessas reuniões, eram lidos trabalhos e cartas de filósofos naturais, principalmente europeus, enviados aos membros da instituição.

Com esse slide, foi possível levantar questões em sala de aula sobre como essas cartas chegavam à instituição, quais trabalhos ou cartas eram lidas nessas reuniões, quem decidia isso, como esses trabalhos eram avaliados pelos membros e o que ocorria com trabalhos que não eram lidos ou eram rejeitados nas reuniões. Com essas discussões, visamos trazer para o debate a existência e importância de métodos de

validação na ciência, em nosso caso, na Física, e como esses métodos podem apresentar caráter empírico e teórico, mas também social.

Dessa forma, também destacamos a importância da divulgação das pesquisas científicas e do contato entre filósofos naturais através das cartas. Através do destaque a esses elementos, entendemos ser possível sustentar a existência de um caráter político na ciência, que pode, inclusive, ser representado por uma característica das reuniões da instituição: o presidente da Royal Society selecionava que cartas seriam lidas ou não durante a reunião.



Figura 7: 4° Slide adicionado: Reuniões da Acadèmie des Sciences



Figura 8: 5° Slide adicionado: Acervo instrumental e experimental da Academia de Ciências de Paris

O 4° slide acrescentado guarda semelhança ao 3° slide, apresentando imagens referentes à Academia de Ciências de Paris. Uma imagem, embaixo e na esquerda,

ilustrava uma reunião em um anfiteatro da instituição, semelhante às reuniões da Royal Society. Enquanto que a outra imagem, em cima e na direita ilustrava Alessandro Volta (1745-1827) demonstrando a pilha voltaica para Napoleão (1769-1821). Na imagem mais à direita, encontramos a capa de uma edição da revista publicada pela Academia de Ciências de Paris chamada *Encyclopédie* ou *Dictionnaire Raisonné des Sciences, des arts et des métiers*, que foi publicada entre 1751 e 1772.

No 5° slide adicionado, foram colocadas imagens representando o acervo instrumental e experimental da Academia de Ciências de Paris. As três imagens são desenhos feitos no século XVII. Duas dessas imagens ilustram o imenso acervo obtido e construído pela instituição e a terceira (embaixo e na direita) representa um esquema técnico de alguns instrumentos, com especificações, medidas e utilidades.

Através dessas imagens foi possível levantar questões sobre o privilégio de ter acesso a um acervo material empírico na realização de pesquisas e sobre a origem financeira de tal acervo. Além disso, dando sequência às discussões sobre a análise por pares, foi destacado que em academias científicas à época era comum a tentativa de reprodução de experimentos realizados por outros filósofos naturais, com o intuito de validação de conhecimento.



Figura 9: 6° Slide adicionado: Esquema com atores participantes na República das Letras



Figura 10: 7° Slide adicionado: Linhas representando a troca de cartas realizadas por Voltaire durante sua vida (cartas que puderam ser identificadas)

Os últimos dois slides acrescentados às *Aulas com Slides* apresentam informações sobre a República das Letras. No primeiro, incluímos uma imagem retirada de um projeto[14] da Universidade de Stanford, no estado da Califórnia, nos EUA, e um link de um vídeo, no qual o projeto é explicado por um de seus integrantes. Em suma, esse projeto recolheu informações sobre as cartas trocadas por personagens de destaque na história, incluindo filósofos naturais do século XVII e XVIII, como François-Marie Arouet, conhecido como Voltaire (1694-1778) e John Locke (1632-1704).

A partir dessas informações, foram criadas duas representações visuais. A primeira, incluída no 6° slide, é um esquema das relações de troca de cartas entre certos atores em cidades europeias, como Paris, Bologna, Londres e Hamburgo, apresentando personagens que compunham essa rede, como Émilie du Châtelet (1706-1749), Bernard le Bovier de Fontenelle (1657-1757) e Anders Celsius (1701-1744). A segunda representação visual foi construída em um mapa mundial, no qual as linhas são usadas para representar as locações com as quais Voltaire trocou cartas durante sua vida.

Com esse diagrama, foi possível ao professor destacar uma visão geral da incidência de troca de cartas de cada personagem com atores situados em diversas regiões no mundo. Não foi planejado que o professor discutisse as trocas de cartas em detalhes, ou seja, que destacasse o conteúdo de cada uma delas, mas que chamasse a atenção dos estudantes para a quantidade de cartas trocadas, para algumas das cidades com maior troca, como Londres e Paris, e para as trocas com outros continentes.

14 http://republicofletters.stanford.edu/

Esses slides possibilitaram ao professor destacar o alcance da República das Letras e levantar questões sobre que atores sociais estariam nesses outros continentes e quais eram suas contribuições. Assim, foi planejado promover discussões sobre as contribuições de personagens que são normalmente ignorados no processo de construção da ciência, diante da falta de reconhecimento dado a eles nos trabalhos produzidos por grandes nomes da época. O restante dos slides se manteve igual a 2015. Assim, nos voltamos às mudanças realizadas na proposta de produção da NHE.

Proposta de produção da NHE em duas versões

Os resultados de 2015 indicaram que a atividade planejada para discutir as NHEs, após a avaliação do professor, não foi bem-sucedida. Assim, repensamos essa atividade. Em 2016, a NHE seria escrita em duas versões. Uma primeira versão seria escrita e entregue ao professor, para que ele avaliasse se as mesmas contemplavam os critérios apresentados no *Roteiro*. Pretendia-se com essa avaliação, que o professor apontasse críticas ao texto e levantasse questões para o grupo, com o intuito de mobilizá-los a reformular a primeira versão da NHE.

A partir dessa avaliação, a NHE deveria ser retomada pelo grupo, que teria 10 dias para reescrevê-la, contemplando os pontos presentes na avaliação do professor, e entregar uma segunda e última versão, que também seria avaliada.

O objetivo com essa modificação foi possibilitar que os grupos relessem suas NHEs com um novo olhar e a partir disso eles pudessem debater sobre as questões levantadas na avaliação do professor e, logo, sobre o tema pesquisado para a NHE.

Modificações no *Roteiro*: Exemplos e Tema "livre"

A avaliação da TLS de 2015 nos apontou que parte dos estudantes apresentou uma difícil compreensão do objetivo e produto final na NHE. Além disso, a avaliação nos levou a reconhecer que a sugestão de temas que eram associados à NHL limitou os temas a serem pesquisados pelos estudantes para compor as NHE, e, assim, as reflexões que os estudantes poderiam gerar sobre a ciência nessa etapa do trabalho. Duas modificações foram, então, realizadas no *Roteiro*.

Primeiro, foram apresentados dois exemplos de trechos de NHEs hipotéticas, criados pelo professor, para orientar os estudantes sobre o que esperado com o produto final da proposta da NHE, conforme indicado no extrato do *Roteiro* destacado a seguir.

Construímos exemplos que traziam resultados de pesquisa relacionados a questões epistemológicas, históricas, sociais e materiais da ciência. Os exemplos foram curtos, pois o objetivo era ilustrar de forma geral qual era o produto final esperado pelo professor, sem exaurir as ideias dos estudantes para temas e para a pesquisa.

2016 – Modificação no *Roteiro*: Exemplos para inspirar os estudantes

Exemplo 1:

O grupo decidiu pesquisar sobre os *temas* Mecanicismo e Vida e trabalho de Madame Émilie. Nas pesquisas, encontram que o Mecanicismo é uma teoria filosófica associada ao trabalho de Newton (...) e que a Madame Émilie tanto publicou uma tradução dos *Principia* de Newton para o Francês, quanto comentou e criticou experimentos de queda de corpos em argila que davam valor ao conceito de *vis viva* de Leibniz.

Logo, decidem que a história irá se passar no ambiente no qual a Madame Émilie trabalhava, enquanto alguém reproduz os experimentos com queda de corpos. Alguém (personagem escolhido) entra para falar com ela (sobre algum assunto relacionado à sua vida, pesquisado pelo grupo) e na conversa, ela apresenta algumas ideias sobre a *vis viva*. Além disso, o personagem folheia a tradução do *Principia* e comenta da importância de levar esse trabalho à França.

Exemplo 2:

Outro grupo decide pelos *temas Academia de Ciências – Royal Society* e *sobre a utilização de experimentos como métodos de validação.* Na pesquisa, encontram informações sobre como Newton foi presidente da Royal Society e com isso sua influência foi grande em divulgar suas ideias e abafar o trabalho de outros, como Leibniz. Além disso, que vários pesquisadores da época foram à Royal Society para demonstrar seus experimentos e debatê-los e que seus trabalhos foram apoiados ou rejeitados pelos membros da instituição.

Logo, decidem que a história irá se passar com algum cientista (escolhido pelo grupo) chamando pessoas para ir assistir à sua apresentação na Royal Society. Após os experimentos serem demonstrados (o grupo pode incluir o personagem explicando partes do experimento na narrativa), os integrantes da Royal Society começam a debater sobre os resultados,

apoiando ou não. O presidente da época (Newton?) pode apresentar ideias que podem ser vistas como mais significantes (ou não) e concordar com os resultados. Ou algum presente no anfiteatro pode comentar para a pessoa ao lado que não convidaram outro cientista que é defensor de ideias opostas àquelas, logo calando suas críticas naquele momento.

A segunda modificação realizada no *Roteiro* foi produzida com o objetivo de possibilitar os grupos escolherem temas "livres" para a NHE.

Regras

- O grupo pode escolher um tema que não esteja dentre os sugeridos. Entretanto, esse tema deve ter alguma ligação com a ciência e ser apresentado ao professor para aprovação antes da escrita da NH.

Foi solicitado aos estudantes que apresentassem o tema escolhido ao professor para que o mesmo pudesse orientá-los a trocar de tema, caso identificasse que o mesmo tivesse número muito restrito de fontes de consulta. Levamos em consideração que, quando um grupo fosse consultar o professor para a aprovação do tema, esse momento seria aproveitado pelo professor para orientar o grupo sobre as ideias que eles estariam tendo para a escrita. Seria um momento fora da sala de aula, no qual poderiam ser levantadas questões literárias, históricas ou científicas.

Por fim, mantivemos a atividade de discussão em sala sobre os resultados após a avaliação da 2ª versão da NHE.

Modificação da ordem das atividades

Por identificar que os estudantes ficaram menos motivados e engajados nas atividades, quando todas as três partes da NHL foram lidas e os MI realizados em aulas sequenciais, modificamos a ordem das atividades. A leitura da 3ª parte da NHL foi adiada para após as *Aulas com Slides* contemplarem o conteúdo das duas primeiras partes. Dessa forma, houve um intervalo de quase 2 semanas entre a realização das duas primeiras partes da NHL e da terceira parte.

Para facilitar o entendimento, criamos um diagrama que resume as estratégias criadas para a TLS de 2016. Destacamos algumas das modificações sobre estratégias de 2015 entre parênteses.

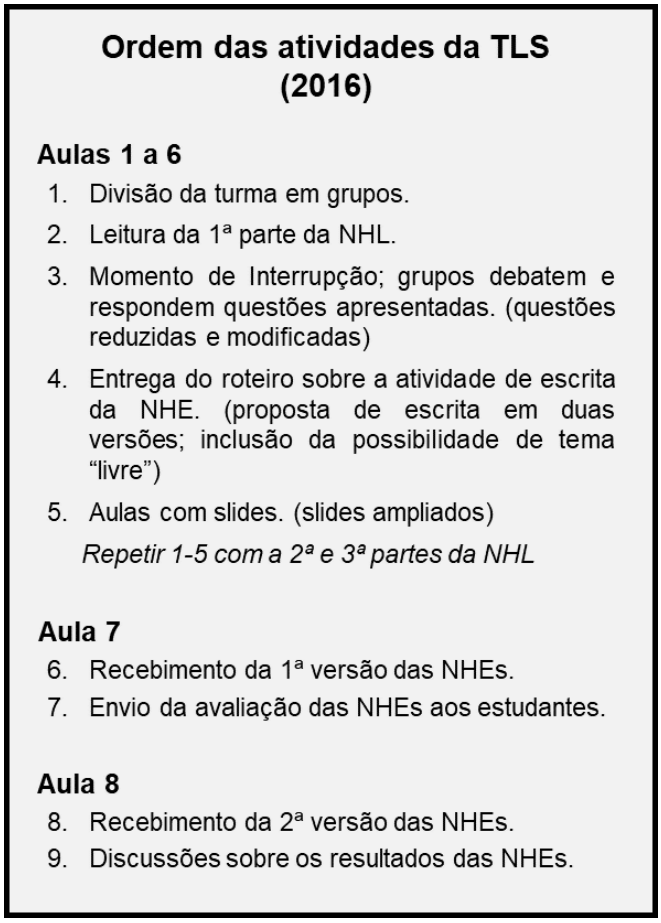


FIG. 11: Esquema de aulas da TLS 2016

5.3 - Implementação

Nessa etapa, será descrito como ocorreu cada etapa da TLS em 2016 e apontado como os dados para a pesquisa foram coletados. Para facilitar a leitura, relembramos a ordem das atividades: leitura e interpretação das partes 1 e 2 da NHL e seus MIs; entrega do *Roteiro* aos estudantes; *Aulas com Slides* referente ao conteúdo das partes 1 e 2 da NHL; leitura e interpretação da parte 3 da NHL e seu MI; *Aulas com Slides* sobre a parte 3 da NHL; recebimento e avaliação da 1ª versão das NHEs; retorno das NHEs avaliadas e com comentários aos estudantes; recebimento e avaliação da 2ª versão das NHEs; e discussão em sala sobre os resultados na 2ª versão da NHE. A TLS de 2016 teve duração total de seis semanas.

Em 2016, o número de turmas foi o mesmo do de 2015 e a TLS foi aplicada em quatro turmas com 35 estudantes cada. Cada turma contou com sete grupos de

estudantes para as atividades, cada um contendo entre 4 e 5 componentes, totalizando 25 NHEs. Semelhante a 2015, a NHL foi apresentada no início do 3° bimestre do ano letivo, momento no qual se iniciaria o estudo do tema Quantidade de Movimento e Impulso, presente no currículo dos cursos.

A primeira etapa da TLS ocorreu de forma satisfatória, com estudantes de todas as turmas participando, como voluntários, da leitura em voz alta junto com o professor. Os estudantes não apresentaram dificuldade em ler o texto. Entretanto, sobre a participação no MI, encontramos no diário do professor:

> Atividade foi bem em todas as turmas; muitos participaram, usaram o celular para pesquisar certas coisas do texto (turma ELT); ainda assim, houve certa dificuldade em formar grupos, pouca participação na discussão durante a leitura e pouco interesse nas questões do Momento de Interrupção (turma TEL).

Comparado a 2015, o professor foi menos consultado para explicar as questões do MI, enquanto os estudantes as resolviam em grupos. Apesar das modificações realizadas, percebeu-se que a primeira questão do primeiro MI gerou dúvidas. O professor orientou os estudantes, mas não direcionou as respostas, ouvindo as dúvidas dos grupos e apresentando provocações para que os mesmos debatessem e desenvolvessem respostas mais trabalhadas em grupo.

Para a segunda questão, o professor foi chamado somente para ouvir os exemplos que os grupos criavam, como “Professor, tudo bem colocarmos a relação entre Química e Perícia Criminal?”, entre outros exemplos, como entre Biologia e Medicina ou entre Português e Direito. Assim, observamos que obtivemos menos dúvidas associadas a um não entendimento das questões 1 e 2 do 1° MI do que em 2015 e mais consultas sobre os exemplos que poderiam ser dados nas respostas. Assim, os estudantes tiveram mais tempo para analisar e responder as questões.

O professor foi atuante em ajudar a ler a NHL e discutir, com a turma, trechos em que alunos apresentaram maior dificuldade na leitura do texto. Além disso, em 2016, o professor se sentiu mais apto a associar certas partes do texto, principalmente, as práticas científicas, ao estudo histórico realizado antes da TLS.

Por exemplo, na primeira parte da NHL é dito que Leibniz trabalhou como embaixador do Sacro Império Romano-Germânico e viajou por alguns países europeus, assim conhecendo a Academia de Ciências de Paris. A partir desses trechos, o professor

buscou destacar as condições pelas quais Leibniz conseguiu viajar, conhecer uma instituição científica recém-inaugurada, ler e se manter atualizado com as produções em diversas áreas do conhecimento e, assim, criar contatos através dos quais ele se tornou um membro da República das Letras.

As modificações nos slides facilitaram o professor na contextualização do personagem Leibniz e nas condições através das quais ele ingressou e se manteve ativo naquela comunidade de filósofos naturais. Com base no aporte da HCC, o professor buscou inspirar reflexões e discussões com os estudantes para além da pura memorização desses eventos na vida de Leibniz. Durante a aula, eram levantadas questões, como "*O que aconteceria com algum trabalho de algum filósofo natural que tivesse destaque na República das Cartas?"*, ou "*O que poderia acontecer com o conhecimento de outros atores sociais, como artesãos, camponeses ou enfermeiros que não enviassem trabalhos às instituições científicas ou para filósofos naturais através de cartas?"*.

Com essas questões, esperávamos potencializar a leitura da NHL, os debates inspirados pelas questões da MI e as reflexões dos estudantes na escolha de temas e na pesquisa para a produção das NHEs. Por fim, podemos dizer que a primeira parte da NHL foi lida e o MI realizado dentro do esperado.

A parte 2 da NHL foi entregue para ser lida para a aula seguinte e foi pedido aos estudantes que levantassem questões sobre o texto, como em 2015. Entretanto, de acordo com os estudantes de todas as turmas, o número de tarefas indicadas por outros professores para serem realizadas em casa fez com eles tivessem pouco tempo para levantar as questões. Como resultado, em média, mais da metade dos estudantes afirmou que leu o texto previamente, entretanto menos da metade (cerca de 35%) levantou questões sobre o mesmo.

Além disso, os temas abordados nas questões levantadas foram semelhantes ao ano de 2015. Cerca de 40% das questões foram sobre o conteúdo científico e 35% foi sobre aspectos biográficos de Leibniz. Essa pequena diferença foi entendida como um indício de que o potencial da NHL de levantar questões nos trechos onde há "não-ditos" se manteve. Por fim, as questões foram lidas para inspirar as *Aulas com Slides*, mas pouco foi acrescido aos slides, que já estavam modificados pela TLS de 2015.

Antes de começar a leitura da 2ª parte, o professor dedicou um momento para relembrar o conteúdo da 1ª parte da NHL com os estudantes. Esse se mostrou um momento valioso, como mostra o diário:

> O tempo utilizado (15min) para relembrar a narrativa foi importante para recapitular, fazê-los falar e organizar algumas informações.

A repetição dessas etapas com a 2ª parte da NHL, também, ocorreu como esperado. Ainda assim, identificamos nas falas registradas dos estudantes indícios de que houve certo estranhamento por estarem, pela 2ª vez, interpretando um texto em uma aula de Física. Além disso, duas das quatro turmas demoraram para se engajar na atividade, demonstrando apatia e desinteresse. Não pareceu ao professor que foi desinteresse pela atividade em si, mas que as turmas estavam cansadas por outras atividades ocorridas naquele dia (em uma das turmas houve uma viagem intermunicipal naquele mesmo dia).

Ainda assim, a coleta de dados foi insuficiente para determinar se o estranhamento ou o incômodo dos estudantes foi diante do fato das atividades estarem sendo realizadas numa aula de Física, o que podemos considerar incomum naquele contexto escolar, ou se pelo fato de terem realizado leitura de um texto em duas aulas seguidas. No diário, encontramos:

> Três turmas (sem ser a TUR) parecem reagir à leitura e à proposta de levantar questões com estranhamento. Eles não sabem "sobre o que ter dúvidas", como um aluno disse. Acredito que a atividade de escrever vá colocá-los num conflito onde releiam a NHL e questionem.

> Tiveram certa dificuldade de entender o objetivo e a profundidade esperada de cada questão (na 2ª parte). Ainda assim, gostei das questões que eles fizeram para mim, possibilitou que eu elaborasse mais sobre o tema (o financiamento na ciência foi bem importante para eles e a questão do coletivo parece ter surpreendido).

Entretanto, sobre a turma de Telecomunicação, essa não foi a impressão do professor, como aponta o registro:

> Durante meus comentários [interpretação do texto], a passividade da turma chega a incomodar. Não são feitas questões ou comentários que 'alimentem' a aula. Em seguida, nas atividades (M.I.) eu não sou chamado para dúvidas e vejo alguns grupos fazendo por fazer, guiados por 1 ou 2 do grupo que, em alguns casos, ficam separados nas mesas! A aula fica chata, eu fico chato.

Importante destacar que, nos Conselhos de Classe, a turma de Telecomunicação foi classificada por outros professores como apática e pouco participativa nas atividades em sala. Os profissionais da psicopedagogia da escola sugeriam que isso estava relacionado ao fato de que muitos estudantes nessa turma não queriam estudar telecomunicações ou não entendiam como era essa área, pois foram inscritos pelos seus pais para fazer a prova de ingresso na instituição.

Ainda sobre a atividade de leitura guiada do texto encontramos os seguintes comentários do professor:

> A interpretação do texto não é fluida, muitas vezes. Trazer o aluno para protagonista nem sempre é fácil (ou ideal?). Cansaço e o costume de 'receber' conhecimento pronto e a vivência escolar parecem ser obstáculos.
>
> A leitura das 2 primeiras partes foi acompanhada por todos em silêncio e houve levantamento de questões sobre o texto durante, em todas as turmas, e em graus diferentes.

Durante a leitura da 2ª parte da NHL, os estudantes levantaram questões sobre instituições científicas do séc. XVIII, sobre a disputa do Cálculo, sobre como Newton chegou a conhecer o Cálculo de Leibniz e sobre a publicação de Fatio de Duillier em geometria. Praticamente todos os grupos levantaram questões ao professor durante o MI e demonstraram interesse na resolução das questões. No diário, o professor registrou as questões da turma de Eletrotécnica. Cada pergunta ou comentário destacado a seguir foi feita por um estudante diferente:

> Cientista faz estágio?; Estamos discutindo de novo o conceito de espaço, a mecânica teve sempre influência da Cosmologia?; Em quanto tempo se forma um cientista?; Quanto tempo entre o conceito de vis viva e energia?; Não existem várias áreas científicas(?), como pensar no cotidiano de um cientista só?; Alguns trabalham em empresas, instituições, universidades, em casa,... Cotidianos diferentes, certo?; Como assim "conhecimento científico produzido socialmente", é muito amplo pensar nisso.

Em seguida às atividades com a segunda parte da NHL, apresentou-se o *Roteiro* (Apêndice VII) e o professor explicou cada parte. Foi destacado que os exemplos de NHL serviam para inspirar os grupos na seleção do tema, na pesquisa e na escrita.

Os estudantes não apresentaram dúvidas em relação ao *Roteiro* e não houve necessidade de retomar a explicação em aulas posteriores. Por outro lado, durante a TLS os estudantes procuraram bastante o professor, dentro e fora de sala de aula, para

consultas sobre como estava o trabalho do grupo, solicitando sugestões nos caminhos que estavam tomando na pesquisa e nas decisões de caráter literário da NHE.

Entendemos que o tempo utilizado para essas consultas particulares é parte essencial da TLS, pois é um momento no qual o professor consegue orientar a pesquisa e a escrita de forma mais particular. Ainda assim, o professor gastou menos tempo dentro de sala para essa explicação, do que em 2015. As atividades com as duas partes da NHE, mais a entrega e explicação do *Roteiro* tomaram quatro tempos de aula, em duas semanas.

Em seguida, foram ministradas as *Aulas com Slides*. Como destacado no *design*, ao apresentar a República das Letras, não foram trazidas somente informações dos nomes de personagens envolvidos na troca de cartas. Os slides construídos auxiliaram no levantamento de discussões sobre características sociais, financeiras, políticas, étnicas, raciais ou de gênero que os atores envolvidos naquela rede apresentavam e que outros atores, que também estavam envolvidos na produção de conhecimento científico, não eram incluídos na República.

A partir desse estudo histórico, os estudantes também foram convidados a refletir sobre como as formas de comunicação e relação entre cientistas atualmente compõe e definem as práticas científicas. Alguns elementos a respeito das práticas científicas atuais, como a comunicação virtual e a atuação de instituições científicas públicas e privadas, foram apontados na fala do professor, remontando as discussões realizadas no MI.

A modificação produzida com o intuito de dar maior ênfase às práticas científicas gerou reações diferentes dos estudantes ao compararmos com 2015. Houve maior participação das turmas durante as *Aulas de slides*, com os estudantes levantando questões durante toda a aula. Enquanto algumas dessas dúvidas contemplavam informações presentes explicitamente nos slides, outras foram inspiradas por esses slides e levantavam dúvidas sobre outros temas. Parte dessas questões retomavam o conteúdo estudado anteriormente à TLS, enquanto outras parecem que foram inspiradas por discussões realizadas durante a leitura da NHL, por tratarem de temas como o não reconhecimento de alguns atores sociais na produção científica ou sobre possíveis origens de financiamento nos trabalhos de filósofos naturais.

No diário do professor, encontramos comentários sobre algumas das questões levantadas na turma de Eletrotécnica:

> "Tem pouca informação sobre a mãe de Leibniz, né?"; "O que é um eleitorado?"; Muitos comentários sobre o jardim botânico e como a mulher é periférica na produção científica; Eles [estudantes] lembraram do exemplo dado do Lineu em não responder cartas; Os quadros (pinturas) apresentados chamaram a atenção das turmas; Se impressionaram com o trabalho do Hooke e a "descoberta" de um mundo micro; Houve uma discussão longa sobre as concepções de insetos na época; essa discussão chegou à construção de imagens na época que parecem surgir de alunos que estão cogitando temas para a escrita da NHE; "Qualquer um desenhava?"; Impressionados com a aparelhagem dos laboratórios na Academia de Ciências de Paris; Impressionados com a imensa rede de trocas de cartas [no slide com a ilustração das trocas de carta de Voltaire no mapa da Europa]; Discussão sobre as linhas [de troca de cartas] irem para fora da Europa.

Durante as *Aulas com Slides*, o conteúdo "científico", *per se,* foi apresentado. A parte conceitual, matemática e operacional da *quantidade de movimento, impulso* e *vis viva* foi apresentada e discutida com as turmas. Dessa forma, as *Aulas com Slides* tomaram 6 tempos de aula em três semanas.

Ao término dessa etapa, a 3ª parte da NHL foi lida em turma e questões do 3° MI foram apresentadas. Os dados apontam que houve participação dos estudantes nas atividades com a 3ª parte da NHL. Dessa forma, o distanciamento entre as atividades da 1ª e 2ª partes com a 3ª se mostrou positivo, pois tornou a TLS mais dinâmica e os estudantes se surpreenderam por existir uma terceira parte do texto. Além disso, durante a etapa *Aulas com slide*s, o professor já havia apresentado alguns indícios de que ainda havia partes da história de Leibniz que seriam relevantes para os estudos em sala, como a sua relação conflituosa com Newton.

A partir da realização de modificações e ajustes no tempo das atividades da TLS e alguns imprevistos da realidade escolar, como maior tempo destinado às *Aulas com Slides*, o professor relatou que houve pouco tempo para a realização das questões do 3° MI. Dessa forma, diferente dos MIs anteriores, os estudantes tiveram somente 2 tempos de aula para ler a 3ª parte e responder as questões do MI. O professor ficou impossibilitado de utilizar outra aula para essa atividade, pois na aula seguinte as NHEs já seriam entregues a ele. O tempo foi o suficiente para alguns grupos completarem todas as questões, mas essa etapa foi considerada curta e não promoveu as discussões

objetivadas. Dessa forma, a terceira parte da NHL foi menos debatida pelos estudantes e ficou claro ao professor que ela não foi utilizada como inspiração para as NHEs.

Na aula seguinte, 25 NHEs foram entregues ao professor pelas quatro turmas. No *Roteiro*, foi sugerido de 2 a 4 páginas. Cerca de 35% (9 NHEs) dos grupos apresentou 3 páginas, 48% (12) 4 páginas e 16% (4) apresentou com mais de 4 páginas, dentre os quais foram recebidas NHEs com 6, 8, 10 e 15 páginas.

Com o intuito de ilustrar a avaliação das NHEs para os estudantes, o professor selecionou uma como exemplo. Nessa NHE, os estudantes escreveram três páginas, que continham muita informação biográfica sobre Newton e seus feitos em Física e em Matemática, mas nenhuma referência feita a Leibniz. Além disso, a NHE se passava numa conversa entre uma professora e um aluno numa escola atual e nessa conversa a figura de Newton parecia ser idolatrada em muitos trechos.

Assim, o professor, dentre outras críticas ao texto, pôde destacar o caráter personalista e de "gênio" atribuído a Newton, mas sem desmerecer o valor de suas conquistas, somente as contextualizando. O professor, também, buscou problematizar como uma figura histórica famosa como Newton é apresentada e estudada na escola. Entretanto, sobre esse ponto a discussão não passou de comentários do professor sobre a avaliação da NHE.

Na segunda versão dessa NHE, o grupo de estudantes modificou completamente o cenário da história, mudando para uma discussão entre filósofos naturais do século XVIII e debatendo a controvérsia entre Leibniz e Newton sobre o Cálculo Diferencial e sobre as críticas de Robert Hooke para os primeiros trabalhos de Newton sobre óptica. Isto é, entendemos que a avaliação possibilitou ao grupo levantar outros personagens históricos e escrever sobre uma produção científica mais coletiva e de caráter político.

O professor registrou no diário de campo que o processo de avaliação da primeira versão das NHEs foi bastante exaustivo e que o professor ficou com a impressão, após discutir com o NIEHCC, que havia construído a expectativa de que conseguiria problematizar mais questões em cada NHE. Entretanto, ao final reconheceu que o que foi realizado foi o suficiente para as condições escolares. Apesar disso, o professor conseguiu avaliar todas as primeiras versões das NHEs no tempo previsto e as retornou através de e-mails para os grupos. A utilização de e-mails possibilitou que a

avaliação fosse enviada aos grupos imediatamente, incluindo comentários do professor e o arquivo de texto da NHE com marcações e comentários.

O professor não ficou totalmente satisfeito com o formato escrito das críticas enviada aos alunos. De acordo com o professor, esse é um momento chave da TLS, no qual os estudantes poderiam refletir sobre o episódio histórico pesquisado pelo grupo através das críticas apontadas à NHE. Entretanto, pelo processo de avaliação ter sido cansativo devido ao tamanho das NHEs, os comentários presentes nos e-mails não ficaram claros aos estudantes, como foi reconhecido na sequência das atividades.

Na aula seguinte, o professor debateu os resultados das NHEs com os grupos em sala. Alguns integrantes dos grupos não haviam sido informados sobre as críticas feitas pelo professor nos e-mails, assim, algumas dúvidas tiveram que ser esclarecidas durante essa conversa. Não tivemos dados que suportem que houve falta de comunicação entre os estudantes nessa etapa ou se aqueles estudantes não estavam participando de todo o processo de escrita. Após tentar esclarecer as críticas feitas a cada grupo e observar a reação dos estudantes, o professor registrou uma impressão no diário de campo: lhe pareceu que cerca de 15% dos estudantes em cada turma não participaram da produção da NHE.

Pela proximidade dessa atividade com as avaliações formais da escola (faltava menos de 2 semanas para a semana de provas), o professor retomou o conteúdo conceitual, matemático e operacional do bimestre, mas esse momento em sala de aula contou com menos tempo que o inicialmente planejado.

Em seguida, a segunda versão das NHEs foi entregue ao professor e avaliada. Os resultados foram enviados por e-mail aos estudantes. Diferente da avaliação da primeira versão, aqui foram incluídos somente comentários sobre o resultado final da NHE e não mais críticas e sugestões de modificação. Os grupos receberam a avaliação da 2ª versão e não houve contestação da mesma.

Como última atividade da TLS, em sala de aula, o professor levantou questões sobre o resultado da escrita das duas versões. Novamente, diante do pouco tempo disponível e pela proximidade com as avaliações formais da escola, esse momento não passou de uma discussão sobre as etapas que cada grupo vivenciou durante a escrita. Assim, pouco foi discutido sobre as práticas científicas presentes nas NHEs.

Após a TLS ser encerrada, o professor propôs aos estudantes uma avaliação das atividades desenvolvidas. Um formulário foi entregue aos estudantes para que respondessem em grupos. Eles foram informados que esta era uma avaliação voluntária e que não precisavam se identificar. O professor recebeu a avaliação preenchida por 80 estudantes (cerca de 60% de todas as turmas). Eis o formulário:

Formulário de Avaliação da escrita da Narrativa Histórica

Sobre o processo de escrita da narrativa.

1. **O que acharam do tempo disponível para a escrita de cada uma das partes?**
2. **Quais foram os prazeres e dificuldades no processo de escrita do texto?**
3. **Como foi o uso do Word como ferramenta?**
4. **Como foi o uso da Internet?**
5. **Como você chegou às suas fontes na pesquisa? Avalie suas fontes.**

Sobre as perguntas debatidas em sala após a leitura da narrativa.

6. **Vocês consideraram que as perguntas auxiliaram ou limitaram o processo de construção da narrativa?**
7. **Como vocês avaliam a importância das perguntas debatidas durante as aulas?**

Sobre o conteúdo da narrativa.

8. **Dentre os aspectos que podem ter composto a narrativa, a quais vocês deram maior atenção? Classifique de 1 a 5, sendo 1 pouca atenção e 5 muita atenção; marquem 0 se não entenderem o que significa o aspecto. Ao lado vocês podem fazer considerações sobre cada aspecto, se desejarem.**

( ) Personagens Históricos
( ) Aspecto Geopolítico
( ) Instituições Científicas
( ) Comportamento da época
( ) Cultura da época
( ) Trama
( ) Situações criadas
( ) Diálogos
( ) Desfecho final
( ) Conteúdo Científico (Extensão)
( ) Conteúdo Cient. (Profundidade)
( ) Uso de conceitos, teorias, leis científicos em situações/diálogos
( ) Explicar exemplos/fenômenos cientificamente

9. **A avaliação, pelo professor, dos seus textos foi como esperavam? Foi clara? Justa?**
10. **Vocês fariam novamente esse trabalho em outro bimestre? Por quê?**
11. **Sugestões para uma próxima aplicação.**
12. **O formato dessa atividade contribuiu ou não para uma divisão justa de trabalho entre os integrantes do grupo? Comente.**

Apesar de encerrarmos a *Implementação* da TLS, um outro momento deve ser destacado. No 4° bimestre, o professor propôs um trabalho às turmas. Foram oferecidos três tipos de atividades diferentes para que os estudantes escolhessem uma para compor a avaliação bimestral: a análise conceitual e matemática de fenômenos físicos escolhidos pelos estudantes e analisados a partir de vídeos que fossem encontrados por eles no YouTube (semelhante a um trabalho feito no 2° bimestre), uma pesquisa

histórica sobre algum tema científico (semelhante a um trabalho feito no 1° bimestre) ou a escrita de uma nova NHE, mas em um formato muito reduzido, em tamanho do texto e nos critérios de avaliação.

Essa atividade não será contemplada nessa pesquisa, pois não foi parte da TLS projetada. Entretanto, um resultado dela deve ser destacado. Nos formulários de avaliação da TLS preenchidos pelos estudantes, muitos grupos reportaram que a escrita da NHE foi muito difícil e desgastante e que não a repetiriam. Ainda assim, mais de 65% dos estudantes de todas as turmas escolheram essa atividade no 4° bimestre. Isso foi entendido como uma evidência de que houve interesse e envolvimento dos estudantes pela escrita da NHE.

A partir dos dados coletados nessa etapa da DBR, foi possível realizarmos uma *avaliação* da TLS, buscando contemplar nossa pergunta de pesquisa.

5.4 – Avaliação

A análise dos dados foi realizada pelo professor, com o auxílio do grupo de pesquisa NIEHCC, com o qual os resultados foram debatidos nas reuniões semanais. Organizamos a análise através das etapas da TLS.

Sobre a leitura da NHL

O envolvimento dos estudantes na leitura das partes da NHL não é constante, pode se manter com o conteúdo de cada parte, mas diminui com a sequência de partes. Essa análise nos apontou que a NHL possibilita o desenvolvimento de um *interesse situacional* no tema do texto, mas que este não estava sendo mantido durante as atividades da TLS. Trechos do diário do professor nos indicaram que, numa visão geral, houve engajamento durante a leitura das partes da NHL, identificado pelo comportamento dos estudantes e pelas questões que foram levantadas em sala. Apesar de alguns estudantes relatarem que não "sabem sobre o que ter dúvidas" (diário do professor), em todas as turmas foi considerado que houve uma participação constante nessa etapa.

As condições nas quais as atividades de leitura da NHL e de MI foram realizadas parecem ter apresentado um impacto significativo. Como elas ocorreram em sequência, repetidas por três aulas seguidas, durante mais de 2 semanas, os estudantes reagiram com menos participação nas atividades. Por um lado, entendemos que isso é um resultado fruto das expectativas dos estudantes para as aulas, reagindo com estranhamento por "ainda estarem lendo textos numa aula de Física". Por outro lado, o distanciamento entre as aulas cobrou uma atenção e memória dos estudantes no processo de leitura e interpretação da NHL.

Dentre as perguntas feitas durante a leitura, a maior parte delas apresentou um caráter científico e, outras, um caráter histórico. Mesmo que grande parte tenha sido associada a personagens do texto, somente algumas eram de caráter biográfico, enquanto a maioria esteve associada às condições de trabalho e às relações entre os personagens (associadas a práticas científicas coletivas). Como exemplo, destacamos algumas questões, identificando em qual parte da NHL elas foram realizadas e um resumo, quando necessário, do tema a qual se referiam durante a leitura:

Perguntas feitas durante a 1ª parte da NHL

Por que rejeitaram a tese dele (Leibniz) por ser "jovem demais"?;

Como assim, uma reforma jurídica? (sobre a reforma jurídica na qual Leibniz queria participar);

O que é genealogia? (sobre a contratação de Leibniz para fazer a genealogia da família Brunswick);

Perguntas feitas durante a 2ª parte da NHL

Onde é Delft?;

O que significa "medida real do movimento"? (sobre críticas de Leibniz acerca do conceito de quantidade de movimento);

Não entendemos essa parte. (dúvidas sobre o trecho "através da soma dessa grandeza, dois corpos que contenham medidas iguais, mas com sentidos opostos, apresentariam um total de valor nulo".);

O que é vis viva?;

Como eram os experimentos de Descartes e Huygens (sobre a quantidade de movimento)?;

O que significa conservação?...conservação da Quantidade de Movimento?;
Por que uma colisão é elástica?

Perguntas feitas durante a 3ª parte da NHL

No que Newton trabalhava?;
O que são "quantidades infinitamente pequenas"? (sobre Leibniz defendendo os fundamentos teóricos do seu Cálculo Diferencial ao trabalhar com infinitesimais);
Quem é o narrador? O narrador ajuda Leibniz?;
Quem vence? Por que apoiam Newton, com a defesa de Leibniz? (sobre a disputa do cálculo);
Sobre o que foi o tratado de Fatio de Duillier? (sobre o tratado no qual Leibniz foi acusado de plágio na proposição do Cálculo Diferencial);
Qual é o papel de Fatio de Duillier e a sua publicação em Geometria?;
Quando Newton conheceu o trabalho de Leibniz?;
Como ocorrem disputas nas instituições científicas?;
Que mulher traduziu o trabalho de Newton?

A maior parte (80%) das perguntas levantadas durante a leitura das 3 partes da NHL foi associada ao que consideramos os "não-ditos". Isto é, trechos intencionais na escrita, nos quais há uma informação não trivial que não é elaborada no texto, como um conceito não explicado ou uma ação, cuja motivação ou resultado não são apresentados. Esse resultado é semelhante ao ano de 2015 e reforça a capacidade dessa ferramenta literária para atrair a atenção e curiosidade dos estudantes sobre o texto.

O número de perguntas levantadas pelos estudantes durante a leitura da 1ª e da 2ª parte da NHL foi, em média, 5 e 7 perguntas, respectivamente, por turma. Já na terceira parte, foram feitas entre 3 e 4 perguntas por turma. Como a primeira parte é a mais curta e predominantemente biográfica, era esperado que fossem levantadas poucas perguntas. Considerando que a 3ª parte possui conteúdo histórico-contextual e matemático (sobre o Cálculo Diferencial) tanto quanto a 2ª parte (sobre Quantidade de Movimento e *vis viva*), a redução do número de questões foi atribuída ao cansaço e à diminuição do interesse dos estudantes com essa atividade de leitura. Apesar da pouca participação na leitura da 3ª parte da NHL em 2016, os dados apontam que ela foi maior

do que em 2015. Isso indica que a mudança da ordem das atividades teve um efeito positivo.

Notamos que houve destaque às questões sobre personagens que estavam envolvidos em alguma questão considerada dramática. Por exemplo, o tema que inspirou a maior parte das questões na 3ª parte foi a disputa pelo Cálculo entre Leibniz e Newton. Os estudantes procuravam saber o resultado da disputa, os motivos e quem estava envolvido na disputa. Outro exemplo, foram as críticas que Leibniz realizava a Huygens em sua carta presente na 2ª parte (apesar dos elogios proferidos e do tom cordial na carta). Alguns estudantes entenderam que as críticas representavam uma relação hostil, como as duas questões a seguir demonstram:

> *Mas, professor, por que Leibniz criticava Huygens?* (aqui, o tom do aluno demonstrou certa pena por Huygens);
> *Mas eles eram amigos ou inimigos, professor?*

Dessa forma, é possível reconhecer um envolvimento dos estudantes com a NHL e que a maior parte da atenção parece voltada aos personagens e às situações mais dramáticas pelas quais estavam passando. Em 2015, o professor havia se manifestado sobre isso com uma posição negativa, entendendo que o drama parecia desviar a atenção para certas questões a serem discutidas na TLS, deixando outras de lado.

Entretanto, em 2016, isso foi revisto como parte de uma estratégia, através da qual outras questões, não planejadas, poderiam ser contempladas. O levantamento de questões dos estudantes na leitura das três partes nos indicou que o formato da NHL fomenta um interesse por saber o que viria a acontecer com os personagens, principalmente Leibniz e Newton. Através desse interesse, outras discussões foram elencadas durante a leitura guiada das partes da NHL e de atividades posteriores da TLS. Assim, o drama presente na NHL é entendido como não somente um atrativo literário, mas como uma porta de entrada para promover outras discussões ou problematizar outras questões com os estudantes.

Sobre os Momentos de Interrupção (MI)

Nossa análise apontou que as questões do MI cumpriram com os objetivos pedagógicos propostos. Buscaremos aqui mostrar: (1) em que medida as questões nos MI promoveram reflexões e debates em sala, no qual estudantes debatessem sem buscar

"respostas certas"; e (2) que os MIs chamaram a atenção dos estudantes a questões que eles não consideravam importantes na produção científica e os auxiliaram a construir a NHE.

Iniciamos por trazer exemplos de respostas às questões do MI para ilustrar que debates foram possibilitados pela atividade. Diante da quantidade de questões e, logo, do volume de respostas, selecionamos 5 questões como exemplo. As questões do MI foram destacadas na etapa de *design* do ano 2016, mas serão apresentadas novamente para facilitar a leitura. Como muitas das questões trouxeram respostas semelhantes, apresentaremos alguns exemplos para cada questão que, ao nosso entendimento, representam respostas comuns a outros grupos. Como o total de grupos nas 4 turmas foi de 25, analisamos um total de 25 respostas. Nas questões a seguir, todos os trechos sublinhados foram grifos nossos para discutir adiante.

2016 – 1° MI

I. Como o ato de ler, a leitura, influencia a vida de alguém? E na escolha da sua profissão?

Respostas:

a) A leitura, de modo geral, ajuda na melhoria do vocabulário e, consequentemente, a escrever melhor. É possível estar sempre informado e atualizado através da leitura de artigos e revistas e com livros de ficção conseguimos sentir como seria certa experiência sem vivenciá-la de fato. Quem possui o hábito de ler, consegue perceber, através da leitura, quais assuntos e temas que mais o interessam e, consequentemente, que ramo seguir profissionalmente.

b) O ato de ler ajuda na ampliação do conhecimento e em criar novas ideias e argumentos sobre um assunto específico. Esse ato também ajuda a desconstruir ideias e sanar dúvidas sobre o assunto que se lê. Já na escolha da profissão, a leitura ajuda você a conhecer determinadas profissões melhor e vê na qual você mais se identifica.

c) Existem diversas maneiras pelas quais a leitura pode influenciar na vida de alguém. Desde as primeiras histórias que os pais nos contam, que podem aguçar a criatividade e a própria vontade da criança de ler por si própria quando mais velha. Até as histórias contadas em sala pelos professores, de caráter mais educacional, porém de igual importância para a formação das pessoas como seres humanos e profissionais. Há diversas coisas que a leitura traz consigo, entre elas, podemos citar: o aumento do vocabulário, melhor escrita e interpretação, aumento do raciocínio lógico e, ajuda a te tirar do seu mundo e te fazer pensar fora da caixa, te ajudando a formar uma opinião própria sobre os acontecimentos o

seu redor. A leitura tem a capacidade de fazer o homem ser realista, saber lidar com a vida cotidiana e também, ao mesmo tempo, capacidade de fazê-lo voar, imaginar como seria uma vida hipotética. Além disso, pode nos ajudar na organização dos pensamentos de forma mais coesa e coerente, facilitando a fuga de alguns problemas. Na escolha da profissão, a leitura pode te influenciar de diversas maneiras. Você pode acabar se apaixonando pelas palavras e querer levar a vida juntamente com elas, em profissões como jornalismo, letras, escritor, etc. O fato é: em qualquer profissão a leitura estará presente. As pessoas estão o tempo todo lendo, sejam relatos, entrevistas, textos, mensagens, blogs, sites, etc.

Os trechos grifados nas três respostas foram pontos que o professor pôde trazer para a sala de aula em atividades seguintes, principalmente nas *Aulas com Slides*, levantando questões como "Essa obtenção de conhecimento e informação também ocorre na prática de cientistas?". É interessante reafirmar que essas questões não buscavam respostas corretas, mas que fossem problematizadoras e gerassem discussões e reflexão nos estudantes durante a TLS. O objetivo dessa questão faz mais sentido quando ela é pensada de forma transversal nas atividades. Assim, as respostas registradas pelos estudantes foram consideradas satisfatórias nesse momento.

2016 – 2° MI

I. Como você acha que ocorre o trabalho de um cientista, hoje? Tentem se imaginar um cientista em formação ou já atuante e descrever o maior número de etapas, com detalhes, de como ocorre os seguintes processos na vida profissional de um cientista.

a) Da formação acadêmica à contratação como cientista.

b) O dia a dia do trabalho como pesquisador (descrevam um dia comum e algumas etapas de longo prazo).

Recortes das respostas:

a) O trabalho de um cientista é visto pelo senso comum como diversos homens trabalhando dentro de uma sala observando astros ou algo do tipo. Uma visão tão errônea em nossa opinião, visto que esta profissão é de certa forma bem "exotizada" por parte da população que não tem conhecimento.[...] a questão financeira seria um empecilho de modo que o acesso a determinados equipamentos é excessivamente caro, o que constrói a visão de que somente pessoas de classes altas estariam dispostas a aprender esse ramo.

b) Imaginamos que seja uma profissão normal, igual às outras, entretanto que aborda assuntos mais peculiares e bem distantes de nós.

c) Deve se destacar na sua profissão e usar o método científico. O

> cientista em formação deve estudar mais, pesquisar mais, sobre diversos assuntos, começa então a procura de boas universidades, para saber a melhor [...] se dedica mais ao estudo. Procura emprego [...] durante essa procura, dedica-se então a novos estudos, análises, pesquisas e experiências no caso mais avançadas para apresentar. Caso não consiga um emprego, dependerá de bolsas e ajudas para continuar estudando. Depois vem a pós, mestrado e doutorado. Mesmo não tendo um emprego, já tem diversas pesquisas nas costas.
>
> d) Após sua formação acadêmica, um cientista deve ter um excelente desempenho para conseguir um bom estágio. No estágio, ele deve se destacar e fazer um uso adequado do método científico para ser contratado por uma empresa de qualidade. Um pesquisador deve ter um local de trabalho adequado, sendo um laboratório ou escritório, que é disponibilizado pela empresa que ele trabalha. [...] Lógico que, na maioria das vezes, o pesquisador não trabalha sozinho e, sim, com uma equipe, que pode trocar informações com outras equipes de pesquisadores. [...]

Essa questão trouxe reflexões interessantes de alguns grupos. Nas respostas A e D, (que apresentaram semelhanças com as respostas de 3 outros grupos), foi considerado o caráter coletivo da produção científica, destacando não somente o ingresso de cientistas em empresas, mas a existência e comunicação entre diferentes equipes de pesquisa. Além disso, na resposta A é destacada a importância do financiamento, mas limitada à aquisição de equipamentos e de acesso a um espaço físico de qualidade.

Apesar do professor não ter feito isso em seguida a essas questões, aqui seria possível problematizar que outras aplicações seriam possíveis para o financiamento na ciência, como no pagamento de acesso a periódicos, no auxílio para viagens de pesquisadores para eventos, como organização de congressos ou com bolsas de estudo.

Nas quatro respostas, encontramos trechos que remontam à figura do cientista. Enquanto na resposta A e B, a carreira é classificada como “normal”, apesar de “exotizada”, nas respostas C e D encontramos trechos que merecem destaque. Em trechos como deve “estudar mais, pesquisar mais”, “pesquisas e experiências no caso mais avançadas” e “um cientista deve ter um excelente desempenho” indicam a visão, por parte dos alunos, de que a carreira científica deve ser muito difícil e somente quem se dedica muito a ela consegue prosseguir na ciência, algo a mais que o de uma carreira “comum”.

Em trechos como “deve estudar mais, pesquisar mais” e “realiza novos estudos, novas análises [...] e aí procura um emprego” são interessantes, pois consideram que um cientista *pesquisa* sem estar empregado. Mesmo considerando a possibilidade de sobreviver com uma bolsa de estudo em alguma instituição, aqui o ato de pesquisar parece ser entendido como uma ação idealizada, sem considerar as condições para tal. Essa visão parece se assemelhar a um estudo pessoal, realizado individualmente, comparado ao que os estudantes estão acostumados a fazer na escola. Entretanto, ao serem consultados sobre o significado do termo “pesquisar” na resposta, esses estudantes reconheceram que não sabiam definir exatamente como e onde era feita essa pesquisa.

Também foi considerado que a realização de uma pós-graduação, mestrado e doutorado são condições necessárias para a profissão. Novamente, contextualizando a escola na qual a TLS foi aplicada, reconhecemos que muitos professores desses alunos realizaram seus cursos de Mestrado e Doutorado e os estudantes sabem disso, além de muitos participarem de projetos de Iniciação Científica com eles e contarem com bolsas de estudo. A partir dessas respostas, foi possível problematizar a vida de um cientista durante as discussões em sala e de revelar outras práticas que o cientista realiza, individual e coletivamente, em seu cotidiano.

2016 – 2° MI

II. Podemos dizer que os filósofos naturais (ou os cientistas de hoje) trabalham isoladamente? Qual é o papel do indivíduo e qual é o do coletivo?

Respostas:

a) Apesar da modernização e melhora dos equipamentos possibilitar um estudo aprofundado e detalhado sozinho, é imprescindível a necessidade da utilização de demais recursos como a internet e computadores superpotentes. Isso nos remete ao caso de não existir nenhum ser que vive ou trabalha sozinho, o mundo está cada vez mais globalizado e interligado, logo a atualização e contato direto com novas informações deixaram de ser opcionais e se tornaram vitais para a evolução do ser humano.[...] como, de fato, não somos meros ermitões, vivemos em conjunto e necessitamos de ligação e troca de ideias para que possamos formar um conhecimento de certa forma mais confiável e coexistirmos.”

b) Lógico que, na maioria das vezes, o pesquisador não trabalha sozinho e sim com uma equipe, que pode trocar informações com outras equipes de pesquisadores. [...]

> c) Os cientistas de hoje podem obter mais sucesso se trabalharem em equipe. Significa que o conhecimento científico, por ser construído por diversas comunidades científicas, tende a se relativizar, porque a ciência de uma determinada comunidade científica depende de sua atividade econômica e política e de sua cultura.

Nas três respostas, os estudantes parecem reconhecer a importância do trabalho coletivo. Entretanto, nós destacamos trechos que indicam que para os estudantes o trabalho individual seria possível, hoje ou antigamente. Na resposta A, no primeiro trecho sublinhado, entendemos que os estudantes parecem acreditar que o trabalho de um cientista antigamente poderia ser individual e, somente hoje, com a globalização, que o trabalho é, obrigatoriamente coletivo.

No segundo trecho sublinhado, não ficou claro se essa colocação é sobre a atualidade ou uma afirmação universal, e se é uma colocação exagerada, buscando destacar o impacto da globalização nas relações profissionais e pessoais. Ainda assim, entendemos que os estudantes não apresentaram de forma detalhada como o trabalho coletivo ocorre, enquanto defendiam que o trabalho é sempre coletivo.

Os trechos grifados nas respostas B e C refletem a mesma ideia de que o trabalho coletivo é desejável e mais eficiente. Entretanto, o uso das expressões "na maioria das vezes" e "os cientistas de hoje podem" indica que existe a possibilidade de uma pesquisa científica individual, sem a necessidade de outros atores. A visão de cientista isolado (e gênio?) pode ser reconhecida aqui, apontando que somente a leitura da NHL não é o suficiente para desmitificar esse ideal e destacando a necessidade de debates problematizando essa ideia.

Por fim, destacamos o último trecho da resposta C, no qual o grupo parece reconhecer o caráter cultural da produção científica. Vale lembrar que, antes da TLS, essas turmas, há seis meses, tinham aula com o professor e ele utilizava do aporte na HCC desde o início. A expressão "tende a se relativizar" foi um pouco preocupante ao olhar do professor e do grupo de pesquisa, de forma que o professor buscou questionar essa posição durante as atividades posteriores da TLS.

> **2016 – 2° MI**
>
> III. Ainda pensando na questão acima, qual é a importância de instituições científicas para o desenvolvimento de conhecimento

científico? Elas existem ainda hoje? Você saberia citar uma delas?

Respostas:

a) As instituições científicas podem nos causar uma visão no mínimo perturbadora ou contraditória, visto que poderão ajudar da melhor forma possível na formação de conhecimento, com investimentos, incentivos e diversas outras formas e fontes. Por outro lado, podem coibir, censurar algumas informações que discordam dos seus interesses, criando uma "verdade" que vá ao encontro da sua visão pregada.[...] Alguns estudos, quando realizados em grupo ou com debates construtivos, podem chegar próximo de um consenso comum, porém sem ter aquela certeza absoluta que estamos diante de uma verdade plena e inquestionável.".

b) As instituições científicas são muito importantes por oferecer estrutura para pesquisas, com materiais, equipamentos específicos, local adequado. Além de defender os interesses dos cientistas, divulgação da ciência, etc. Sim, elas existem até hoje, como é o exemplo da SBPC.

c) Exemplo: o "Ciências sem fronteiras". O conhecimento é dependente de uma evolução na sociedade. Tudo através das informações adquiridas ali, históricas, se hoje temos um grande conhecimento científico é por conta daqueles que antigamente estudaram, discutiram, escreveram, reescreveram e criaram teorias.

d) Se um cientista trabalha sozinho, provavelmente vai encontrar uma dificuldade grande. Criar conhecimento não é tão complicado, antigamente os filósofos criavam suas teorias através de observações da natureza. Criar conhecimento é o de menos, pode-se observar e ler livros, a partir disso observar dúvidas de como algo funciona, estudar sobre aquilo com livros, refletir, tentar entender.

A questão acima tem como tema o papel de instituições científicas para a produção de conhecimento. Dentre os trechos destacados, encontramos "ajudar" (resposta a) e "são muito importantes" (resposta b), indicando que as instituições científicas potencializam a pesquisa, mas que não são necessárias. Essa ideia também aparece na resposta (d), em "Se um cientista trabalha sozinho", indicando que isso é possível.

Na resposta (a), destacamos um trecho que critica a atuação de instituições científicas em "coibir, censurar algumas informações que discordam dos seus interesses, criando uma "verdade" que vá ao encontro da sua visão pregada". Isso fez o professor refletir sobre que impressões os estudantes estavam construindo sobre o papel das instituições científicas durante suas aulas e o possibilitou problematizar o caráter dramático dessa visão, durante as *Aulas com Slides*.

Nas aulas onde foram apresentadas algumas instituições científicas do século XVII, foi dito que era importante participar das mesmas e que encontramos exemplos históricos, nos quais percebe-se a existência de articulações políticas contra alguns membros. Entretanto, o professor destacou que havia uma distância entre o caráter político das práticas dos membros dessas instituições e as ideias de que membros seriam coibidos, havia censura ou alguma conspiração para promover uma verdade a ser pregada.

Por fim, nas respostas (b) e (c) foram dados dois nomes como exemplo de instituições científicas: SBPC e Ciências sem fronteiras. Nas atividades seguintes da TLS, o professor pôde trazer outros exemplos de instituições e de buscar ampliar o entendimento das mesmas para a existência de diferentes instituições de acordo com a área científica e para a existência de instituições públicas e privadas.

2016 – 3° MI

II. De que forma os cientistas comunicam os resultados de suas pesquisas aos seus colegas? Que tipo de procedimentos e padrões existem para fazer isso?

Respostas:

a) Os cientistas costumam comunicar seus resultados a outros através de revistas científicas. Porém, para que um artigo que relate determinada conclusão de um cientista seja publicado, é necessário que os avaliadores que ajudam ao editor da revista examinem a qualidade do texto focando na tese, no método e na conclusão do trabalho, afim de decidir se um artigo é adequado ou não para ser publicado. Eles devem convencer seu público que a pesquisa apresentada é importante, válida e pertinente a outros cientistas no mesmo campo.

b) Antigamente, eles se comunicavam através de cartas e publicações de artigos, mas no caso já se comunicava com todos. Quando não existia a tecnologia, devia ser mais complicado. Hoje em dia eu acredito que já se comunicam por e-mail ou fax, por meio de comunicações atuais em geral.

c) Os cientistas podem se comunicar através de feiras e palestras promovidas pela universidade ou empresa a qual trabalham, onde mostram o resultado de suas pesquisas. Também podem se comunicar através de conferências entre os membros de empresas da mesma área para chegar em um só "produto final".

d) Através da internet, revistas científicas, reuniões acadêmicas. As teorias nem sempre são aceitas, eles esperam que tenham críticas, sejam elas boas ou ruins.

Na resposta A, o grupo demonstra um bom conhecimento de como funciona o processo de publicação de um artigo científico. Na resposta B, há destaque às práticas de comunicação direta, como cartas e e-mails. Na resposta C, os estudantes destacaram a organização de eventos, como feiras e palestras, além de escreverem sobre a existência de conferências organizadas por empresas da respectiva área. A resposta D resume alguns desses elementos, apesar de ser muito sintetizada e genérica.

Nas respostas (a) e (b), encontramos a citação de revistas científicas e a troca de cartas entre cientistas. Entendemos que elas são indícios de que essas respostas já foram inspiradas pelas atividades da TLS e pelas aulas durante o ano letivo. Esses temas foram retomados nas *Aulas com Slides*, o que possibilitou ao professor debater essas questões com os estudantes.

As respostas dos alunos às questões do MI nos indicam que as mesmas os possibilitaram discutir sobre temas que seriam abordados nas *Aulas com Slides,* e a problematizar o porquê daquelas questões estarem ali e, assim, refletirem em grupo sobre as questões. Os registros das avaliações dos alunos ao final da TLS (questões 6 e 7 do formulário) reforçam essa nossa análise:

> Auxiliaram (as questões do MI), com elas tivemos mais facilidade na hora de construir nossa narrativa. As perguntas foram de muita importância no momento em que estávamos sem ideias para a narrativa. (EL A)
>
> Auxiliaram (as questões do MI), pois deixaram mais claro como era realmente feito o conhecimento científico. E o conhecimento científico era um dos pontos de nossa pesquisa. Para a produção do texto foi bem importante. Mas se excluir a produção textual, confessamos que não entendemos muito bem o seu propósito. (ELT B)
>
> Auxiliaram (as questões do MI). Elas auxiliaram na nossa forma de pensar. (EL C)
>
> As questões auxiliaram o grupo. (TUR D)
>
> Auxiliaram (as questões do MI). As perguntas debatidas em sala nos deram uma base melhor para construir a narrativa, tivemos um ponto de partida. (TUR E)
>
> Importantes (as questões do MI), partindo do pressuposto de um caráter sociológico. (TUR F)
>
> (As questões do MI) Me abriu os olhos para algumas questões, mas pelo meu grupo não foi proveitosa. (ELT G)
>
> Não influenciaram em nada. Quando (as questões do MI) debatidas com o professor, ajudavam mais. (TEL H)

> Dois do grupo acham que não houve necessidade das perguntas (as questões do MI), enquanto um achou que auxiliaram na parte da narrativa em que falamos sobre conhecimento científico. Foi importante para termos uma noção de como funciona a área científica. (ELT I)
>
> Auxiliaram. (TEL J)
>
> De certa forma, ajudaram nos momentos em que foi necessário incluir na narrativa certa visão crítica sobre a "produção do conhecimento científico". Apesar disso, a maioria das perguntas sequer foi relembrada durante a elaboração do texto. (TEL K)

Essas respostas sugerem que o MI foi um momento proveitoso para promover reflexões e levantar discussões em sala e entre os grupos na produção da NHE sobre as práticas científicas.

Sobre as Aulas com Slides

Destacamos que no diário de campo o professor registrou ter sentido maior domínio em trabalhar com o aporte da HCC em sala de aula no ano de 2016. Através das reuniões do NIEHCC, ele estudou casos históricos, discutindo como o estudo histórico das práticas científicas revela a complexidade e o caráter cultural da ciência. Esse fator foi determinante para sua prática em sala de aula e para a (re)construção das atividades da TLS, o que resultou em mais reações dos estudantes em 2016, de acordo com nossa análise.

As *Aulas com Slides* não foram gravadas em áudio ou vídeo. Os registros foram feitos pelo professor imediatamente após o término da aula. Assim, o registro restringiu-se aos principais temas das discussões ocorridas durante as aulas. Durante as aulas os estudantes apontaram questões que abarcaram temas como os destacados a seguir:

> *Pouca informação sobre a mãe de Leibniz.*
>
> *Dúvida sobre termos como eleitorado.*
>
> *Questões sobre o processo de construção das pinturas e desenhos da época, como: quem realizava as pinturas e desenhos, quem financiava esse tipo de trabalho, etc.*
>
> *Questões sobre como alguém se tonava membro de uma academia de ciência da época.*
>
> *Se os livros produzidos por um filósofo de um local, Voltaire, por exemplo, eram enviados a outros países.*

Ainda em relação às questões levantadas pelos estudantes, o professor destacou no diário as discussões que ocorreram em sala em cada parte dos slides apresentados.

> Muitos comentários sobre o jardim botânico e como a mulher era (e é) periférica na produção científica. Eles [estudantes] lembraram do exemplo dado do Lineu em não responder cartas;

Esse registro se refere ao Slide Adicionado 1. Nesse slide, os estudantes questionaram o fato de as mulheres não receberem reconhecimento por participar das pesquisas em botânica, na produção de imagens de plantas e flores, e na contribuição teórica nesses estudos. Durante a leitura da 2ª parte da NHL, o professor já havia discutido a troca de cartas entre filósofos naturais e comentado sobre como Lineu foi criticado por não responder cartas.

Outro ponto que despertou a atenção dos alunos foi a República das Cartas, como destacado no registro do professor:

> Muitos estudantes ficaram impressionados com a imensa rede de trocas de cartas [no slide com a ilustração das trocas de carta de Voltaire no mapa da Europa]; Houve discussão sobre as linhas [de troca de cartas] irem para fora da Europa, quem estava ali, o que estavam fazendo, o objetivo das cartas...

A reconstrução dos slides possibilitou um levantamento maior de questões por parte do professor e dos estudantes sobre o episódio e contexto históricos durante as aulas. É importante destacar que as questões levantadas pelos estudantes ao longo das *Aulas com Slides* não ficaram limitadas a temas puramente biográficos ou pessoais de personagens, mas contemplaram as práticas daqueles atores, como a troca de cartas entre filósofos naturais (Rep. das Letras), o papel de instituições científicas naquele contexto e as relações políticas entre seus integrantes, como destaca o registro a seguir do diário de campo:

> Se impressionaram com o trabalho do Hooke e a "descoberta" de um mundo micro. Houve uma discussão longa sobre as concepções de insetos na época; essa discussão chegou à construção de imagens na época que parecem surgir de alunos que estão cogitando temas para a escrita da NHE; "Qualquer um desenhava?";

Na discussão a respeito de alguns dos primeiros trabalhos publicados por membros da Royal Society, como o Micrographia (1665), de Robert Hooke, os estudantes se surpreenderam com o desenho de uma pulga ampliada. Interessante notar que houve outra discussão sobre a produção de imagens na época, com destaque sobre o questionamento de como Hooke ampliava os insetos e quem eram as pessoas que desenhavam aquilo. Isso foi destacado pelo professor nas reuniões com o grupo de

pesquisa como um ponto positivo, demonstrando como o estudo das práticas científicas, como a produção de imagens, estava sendo retomado pelos estudantes em comentários e dúvidas, demonstrando um interesse e reconhecimento de valor desse estudo.

Entendemos esse resultado como um dos indicativos que o aporte na HCC possibilitou o levantamento de questões e discussões acerca de diversas questões referentes à produção científica e aos atores que participaram da mesma. Assim, entendemos que o formato das atividades da TLS em 2016 apresentou uma boa conexão entre si e uma sinergia em promover reflexões de diferentes áreas e práticas da ciência, que possibilitaram o desenvolvimento e a manutenção de um *interesse situacional* dos estudantes. Por fim, os resultados sugerem que essas aulas inspiraram a construção das NHEs.

Sobre o *Roteiro*

Percebemos que os estudantes, quando comparado com 2015, levantaram menos dúvidas sobre a escrita das NHEs, o que fez com que o tempo demandado para explicação do *Roteiro* diminuísse em relação a 2015. Isso nos sugere que os novos exemplos no *Roteiro* e o maior domínio do professor sobre a proposta facilitaram a compreensão dos estudantes da atividade proposta.

Dos 25 grupos, apenas 3 optaram por um tema diferente dos exemplos apresentados, a opção tema "livre" não foi amplamente acolhida pelos estudantes. Entendemos que isso ocorreu devido a alguns fatores. Primeiro, a escolha de um tema livre dependia da aprovação do professor. Assim, é possível que os grupos não tenham se sentido incentivados a propor um tema diferente dos sugeridos, por acreditarem que escolher um tema sugerido no *Roteiro* era um caminho mais fácil ou que era o que o professor desejava. Outro fator importante é que o professor não destacou a proposta de tema "livre", dentro de sala de aula, somente comentando-a, assim, essa proposta ficou restrita ao texto presente no *Roteiro*.

Sobre a escrita da NHE

As NHEs com temas "livres" chamaram a atenção do professor, pelos seus resultados. Entendemos que elas compuseram uma estratégia, na qual o aporte na HCC possibilitou aos estudantes produzir uma pesquisa e escrita sobre um tema diferente do abordado em sala. Essas NHEs levantaram práticas científicas em outros recortes

históricos e possibilitaram novas reflexões sobre a ciência. Isso incentivou o professor a destacar a opção do tema livre no ano seguinte, como será apontado no *re-design*.

Em 2016, tanto o grupo NIEHCC, quanto o professor já reconheciam que a atividade central da TLS era a escrita da NHE por parte dos estudantes. Dessa forma, as atividades realizadas anteriormente foram desenhadas de forma a potencializar as futuras reflexões e questões levantadas pelos estudantes durante a pesquisa e a escrita da NHE. Na análise dos dados atentaremos se nessa atividade convergiram as atividades da TLS.

A leitura das NHEs dos estudantes apontou indícios de que as questões do MI inspiraram sua escrita. Fizemos uma comparação entre as questões históricas apontadas pelos estudantes no corpo das NHEs por eles escritas e as temáticas trabalhadas nos MI, e percebemos que em 21 das 25 NHEs construídas encontramos trechos em que três ou mais dos seguintes temas foram referenciados: a importância da leitura na profissão de alguém, as possíveis relações entre áreas de conhecimento, o cotidiano de um cientista, o caráter coletivo da produção científica e a importância de instituições científicas para a a produção científica da época estudada.

Realizamos uma leitura de todas as NHEs e geramos quatro sínteses de eventos, estruturas, cenários ou personagens que foram muito comuns dentre as 21 NHEs. Tivemos como objetivo apontar que houve certo padrão na escrita das NHEs em 2016, que acreditamos ter sido causado pela sugestão de temas aos estudantes: a) Um filósofo natural está ansioso para ler um livro que não consegue obter. Com esse livro, ele busca estudar um tema e trazer evidências que suportem seu trabalho, para confrontar outro filósofo natural em um debate; b) Um pintor busca realizar uma obra de arte onde contemple o que é ciência e apresenta reflexões sobre como é possível definir tal conceito. Sua família continha membros que trabalhavam com ciência e isso o inspira a debater esse conceito. Durante o texto, ele tece semelhanças entre o trabalho de um cientista e um artista, pois ambos promovem “leituras” da natureza; c) São apresentadas diversas etapas do cotidiano de um filósofo natural, interagindo com outros personagens, debatendo ideias, trocando cartas, viajando, criticando e validando trabalhos. No texto, há destaque à importância de uma teoria para a construção de outra; d) Membros da Royal Society e da Academia de Ciências de Paris exercem forte presença em debates entre nomes como Newton e Leibniz ou Leibniz e Huygens.

Em 20% dos textos (5), houve destaque a aspectos culturais da França e na Inglaterra da época e ênfase sobre o aspecto financeiro da produção científica, seja com destaque à esfera social da qual os personagens principais participavam (Newton e Leibniz, por exemplo), seja sobre a importância de financiamento para realizar pesquisas. Destacamos, a seguir, três trechos de NHEs que exemplificam o destaque apontado. No primeiro exemplo, um personagem, que será apresentado como amigo de Leibniz, descreve a história da sua família e sua condição financeira:

> **Exemplo 1**: Há muitas gerações minha família mora no Condado da Cornualha, um lugar belo e tranquilo. É um local onde a exploração de minas de estanho, pesca e agricultura continua a prosperar, mas sofre com a proximidade do mar. Em 1755, o terremoto de Lisboa causou uma grande onda que inundou as partes mais próximas ao mar. [...] Meu bisavô era um puritano defensor da República Inglesa e contava ao meu pai que chegou a conhecer Isaac Newton ainda criança no condado de Lincolnshire.
>
> [...] Depois de relembrar meus estudos sobre Física e suas aplicações, comecei a procurar objetos antigos que tenho guardado e encontrei um mosquete com mecha de meu bisavô que lutou na Guerra Civil Inglesa do lado parlamentar. A história de minha família está bastante envolvida com a Grã-Bretanha. Meu bisavô era soldado do Exército Novo, comandado por Oliver Cromwell e Sir Thomas Fairfax. Naquela época a Inglaterra sofria com a guerra entre protestantes e católicos e estava a começar a tornar-se uma potência global. A ilha da Bretanha foi unida à força e a guerra contra a Holanda aumentou nosso comércio durante algum tempo. Meu avô era contador nesse período republicano para o governo, saindo com a volta da monarquia. Com o fim da República restaurou-se a Monarquia Absolutista onde Carlos II continuou a guerra contra os holandeses até firmar o Tratado de Breda quando a Inglaterra adquiriu Nova Amsterdã. Os conflitos entre católicos e protestantes e as medidas impopulares de Jaime II fizeram que um exército dos Países Baixos invadisse a Inglaterra e seu líder Guilherme de Orange junto a sua esposa Maria passaram reinar com o apoio do parlamento após a Declaração de Direitos de 1689, a qual trocou a monarquia absolutista para uma monarquia parlamentarista. Após revoltas na Irlanda e Escócia no governo de Guilherme III, a união de 1707 da Inglaterra e Escócia sob o reinado de Ana I diminuiu as revoltas religiosas e políticas no país, agora chamado de Reino Unido da Grã-Bretanha.

No segundo exemplo, é destacado o status político e financeiro de Leibniz, enquanto ele trocava cartas com Samuel Clarke:

> **Exemplo 2**: Por muito tempo tenho me perguntado como vim parar em uma vida como a de hoje, estou engajado em projetos sociais e até pouco tempo eu fazia muitas viagens para pesquisas. Porém, atualmente ando com uma vida monótona, mas com uma situação financeira favorável, se o senhor não sabe agora trabalho como juiz, ministro e bibliotecário em Hanover.

No terceiro e quarto exemplo, os dois grupos de estudantes apresentam informações sobre o cenário econômico, político e religioso da Europa no século XVIII:

> **Exemplo 3**: Estava uma grande cidade com construções de madeira e pedras, estas polidas, com alguns detalhes que não conseguia visualizar devido à distância. Smith resolveu ir ao local para buscar informação, por mais que estivesse assustado e confuso. Chegando lá, percebe as distinções arquitetônicas da cidade: Algumas tinham grandes janelas em concreto, com colunas grossas e detalhes simétricos lineares e cores alegres e uniformes remetendo ao estilo Renascentista; enquanto outras continham numerosas esculturas, sendo elas assimétricas no decorrer da casa, todas voltadas à religião católica clássica antes da Reforma Protestante e faziam um jogo com as coes e as molduras, dando a impressão de profundidade. Inclusive havia uma Igreja com esse estilo, várias esculturas de anjos e outros símbolos religiosos diferentes percorriam as paredes grossas com tonalidades fortes em toda a construção e na parte principal continha duas grandes colunas torsas até o telhado, este dividia-se em arredondados e triangulares. O estilo era obviamente o barroco e, com toda essa confusão de estilos arquitetônicos, ele deduziu que se encontrava num período histórico de transição e com certeza não na Inglaterra.
>
> Enquanto isso, a rua de paralelepípedos estava repleta de mendigos com roupas esfarrapadas, sujos com um péssimo odor e todos estavam escondidos nas sombras. Antes que pensasse em algum teoria, vê uma ronda policial, com trajes de soldados mais antigos que dos guardas reais de Londres, usavam uma roupa azulada com botões dourados, atravessando todo o torso e uma calça cinza de algodão feito a mão e um short esquisito vermelho, além de capacetes metálicos pretos com uma pena vermelha.
>
> **Exemplo 4:** Paris, meados de 1730. Lugar onde os opostos mais extremos ocupavam o mesmo espaço com relativa harmonia. De um lado, havia a insalubridade, a fome e a miséria das pessoas pobres. Obrigadas a servir, a sobreviver com quase nada – ou até mesmo nada - , eram empurradas para o obscuro largo que era a rejeição. Do outro lado, havia a classe que oprimia, e gostava de oprimi-los. Aqueles que viviam na fartura, no luxo, na vaidade e nas outras coisas que o dinheiro oferecia. A aristocracia, pronta para servir um rei considerado o enviado de Deus, e que governava no meio de mais riquezas ainda.

A comparação das NHEs de 2016 com as produzidas em 2015 nos chamou atenção para um fato. Se, antes, havia uma estrutura comum a muitas NHEs dos estudantes, agora encontramos algumas características diferentes. Por exemplo, 50% dos textos apresentaram personagens centrais diferentes dos apresentados na NHL. Encontramos nas NHS de 2016 protagonistas, como: Émilie du Châtelet, Fatio de Duillier, Samuel Clarke, um pintor anônimo buscando desvendar a ciência e uma empregada doméstica também anônima do século XVII.

Importante destacar que os cinco textos (de 25 no total) que trataram da personagem Émilie du Châtelet trouxeram visões sobre o papel das mulheres no século XVII e XVIII. Enquanto discutiam o processo de escrita da NHE com o professor, durante a última aula da TLS, foram registradas em áudio falas de quatro estudantes que explicam os motivos por terem escolhido escrever sobre Émille e algumas dificuldades do processo de pesquisa:

> Por que pensamos no que o senhor nos disse sobre personagens externos à ciência e quem não recebe atenção, o merecimento, mérito pela produção. Aí tentamos trazer um personagem desconhecido. (TUR D)

> Buscamos informação sobre ela, só ela, por ser uma personagem tão diferente para aquela época, tão extravagante. Escrevemos sobre a Émile, por ser a primeira mulher cientista da história. (TUR E)

> Também tivemos dificuldades na parte da física, pois não conseguimos achar um resumo de sua tradução, de seus comentários e de seus estudos, por exemplo, sobre a ciência do fogo, encontramos poucas coisas e só diziam que ela estudou isso, mas não dizia como eram seus estudos... (TUR G)

> Escolhemos falar da Madame Émille du Chatelet porque nos identificamos, principalmente, com o fato de ser uma mulher e estar inserida em um ambiente em que não tinha voz, e, apesar disso, ainda se dedicava ao que gostava e tentava um espaço nas ciências. Ao pesquisar um pouco sobre cada pensador, gostamos ainda mais dela e de sua história. Tivemos uma considerável dificuldade para encontrar informações precisas sobre Madame Émille, e muito de seus feitos foram atribuídos a outros cientistas, ela normalmente é lembrada apenas como amante de Voltaire. Foi difícil encontrar informações básicas, como o ano de seu nascimento, que varia entre 1703 a 1706, e em geral as informações não tem tantos detalhes. (TUR H)

A escolha por escrever sobre "personagens externos à ciência", principalmente sobre uma figura feminina, chamou a atenção do professor. Nas cinco NHEs cujo tema

foi a vida e produção acadêmica de Émile, houve engajamento dos estudantes e o texto final foi avaliado como elaborado pelo professor, tanto do ponto de vista histórico, quanto literário. Além disso, durante os momentos de discussão em sala sobre os resultados das suas NHEs e sobre a TLS inteira, os estudantes desses respectivos grupos, foram os que mais se manifestaram.

A estudante responsável pela terceira fala destacada acima relatou, em outros momentos em sala, alguns dos desafios que seu grupo teve durante a pesquisa. O grupo buscou pesquisar detalhes da sua vida pessoal e da sua vida profissional, além de tentar entender as relações entre Émile e Newton, e Leibniz. Alguns desses objetivos não foram contemplados pela pesquisa, pois, de acordo com o grupo de estudantes, houve dificuldade de encontrar fontes sobre Émile em português e as fontes em inglês, que pareciam trazer as informações desejadas, eram, normalmente, de livros ou artigos científicos.

De acordo com o diário do professor, o número de vezes que o professor foi consultado, durante a TLS, pelos estudantes que escreveram sobre temas "livres" foi maior do que os que escolheram temas sugeridos. Essas consultas não foram somente buscando orientação sobre as fontes de pesquisa, o que seria esperado, já que o tema estava mais afastado do que foi trabalhado durante a TLS. Esses grupos buscaram sugestões do professor em relação à trama da NHE, aos agentes que estavam escolhendo, aos cenários e, também, apresentavam dúvidas sobre os resultados de conteúdo científico da pesquisa.

Além disso, identificamos na fala de 18 dos 25 grupos de estudantes que suas NHEs foram escritas inspiradas por motivações pessoais, isto é, guiadas pelos interesses de integrantes do grupo, que foram identificados durante o processo de produção da NHE. Esse é um indício de que a produção da NHE tenha potencializado o engajamento dos mesmos a partir da transformação de um *interesse situacional* para um *interesse individual*. Dessa forma, temos indícios de que, com o aumento do grau de liberdade dado aos estudantes durante a produção da NHE, principalmente ao seu tema, estimulamos o desenvolvimento de *interesses individuais*, o que motiva o engajamento e levantamento de questões dos estudantes nessa atividade.

Entendemos que é possível que a relação causal é inversa ao que estamos sugerindo, isto é, que os estudantes que já eram engajados nas aulas de Física

escolheram temas “livres”, logo, produziram boas NHEs. Entretanto, esses resultados da TLS inspiraram discussões com o NIEHCC, que resultaram em modificações no *Roteiro* da TLS e que serão discutidas no *re-design*.

Encontramos nas NHEs tramas mais elaboradas, isto é, menos textos, nos quais os eventos eram apenas apresentados cronologicamente, o que aponta para uma maior complexidade literária dos textos. As NHEs trouxeram dramas, situações conflituosas, clímax, resoluções, debates e dúvidas de personagens (FROESE KLASSEN, 2015).

A seguir, comparamos quatro NHEs de uma mesma turma (EL), duas de 2015, com duas de 2016, que representam essa mudança na complexidade literária dos textos. A escolha da turma para ilustrar esse exemplo foi arbitrária e essa mudança na qualidade literária foi reconhecida na maior parte das NHEs de 2016. Isso não quer dizer que em 2015 as NHEs eram mal escritas, mas que em 2016 mais grupos se dedicaram a enriquecer o aspecto literário das mesmas.

O primeiro exemplo, de 2015, é um trecho retirado de uma NHE com uma página de extensão. Serão apresentados somente seus dois primeiros parágrafos, por entendermos que eles contemplam o que pretendemos ilustrar.

> “Estava em mero desenvolvimento do meu trabalho sobre cálculo quando recebi do Sir Isaac Newton uma carta me explicando conclusões sobre seu trabalho, mas ele não me deu princípios sobre ele - Declara Leibniz, com certo desprezo do presidente da época da Royal Society, Isaac Newton, em uma palestra pela mesma - Tenho certeza que isso é mera coincidência o senhor roubar minhas ideias e reproduzi-las conforme o seu caráter - Retruca Newton, com certo rancor - Mesmo assim te garanto que a originalidade de meu trabalho não corresponde as falsidades de sua afirmação anterior, pois a obrigação era sua de me explicar e de principalmente descrever o seu trabalho, não enviá-lo concluído, pois o meu já estava pronto antes de você ter feito a conclusão do seu e mesmo assim não tenho culpa se a carta demorou seis semanas para ser entregue.
>
> Depois dessa grande discussão calorosa houveram influências em outros trabalhos falando mal de Leibniz que tentava convencer, mas existia um pequeno detalhe Newton "só" era o presidente, era uma disputa entre um membro contra um presidente.”

Podemos ver que, em apenas dois parágrafos, o grupo buscou apresentar muitos dos eventos pesquisados para a NHE, resultando em muita informação condensada: o cenário inicial (Leibniz recebendo uma carta), informação sobre os personagens principais (Newton como presidente da R.S.), sobre seus dilemas (acusação de plágio),

eventos passados (palestra realizada por Newton) e repercussão das ações dos personagens (reações negativas ao trabalho de Leibniz).

Do ponto de vista literário, essa NHE não apresenta e elabora de forma suficiente todos esses elementos destacados, sobrecarregando o leitor e tornando a leitura exaustiva e não atraente. Entretanto, é importante destacar que essa não é uma crítica apenas ao caráter estético do texto. Entendemos que os estudantes que produziram essa NHE não exploraram o caráter literário, que é uma característica importante da TLS, demonstrando menos engajamento na criação de cenários, personagens e dilemas para discutir o contexto histórico.

No segundo exemplo, uma NHE de três páginas, encontramos um caso semelhante:

> "O mundo vivia o ápice da difusão do conhecimento no início do séc. XVIII. O advento da imprensa, o fim do absolutismo e a liberdade que as pessoas possuíam para expressar o seu pensamento, moldavam o presente. Instituições como a Royal Society, Academie des Sciences, Academia de Berlin, entre outras, eram responsáveis pela pesquisa e divulgação do pensamento científico. Essas instituições levaram à humanidade ao um progresso intelectual nas áreas da matemática, física, química. Os governos utilizavam-se da credibilidade e importância das academias para se promoverem.
>
> John Keil era membro da Royal Society desde o ano de 1701. Escocês, formado pela universidade de Edinburgh em física e matemática. Keil tinha fascínio pela astronomia, ciência a qual o tornou professor da Universidade de Oxford."

Nesse segundo exemplo, encontramos uma NHE que contemplou um pouco mais o aspecto literário. Ainda assim, em seu primeiro parágrafo encontramos muita informação condensada sobre o cenário no qual a narrativa ocorrerá. Na primeira frase, é apresentado ao leitor a época na qual a trama transcorrerá e alguns eventos importantes daquele século. Em seguida, são apresentadas três instituições científicas, dentro das quais ocorrerá o evento narrado, destacando a importância das mesmas para a construção de conhecimento e como ferramenta política dos governos.

No segundo parágrafo, é apresentado o personagem principal, que foi uma pessoa real, e algumas informações biográficas condensadas em poucas linhas. No resto da NHE, o grupo apresenta como John Keil se irritou com o fato do trabalho de Leibniz "roubar as ideias de Newton" e atuou contra o mesmo, pessoalmente, na Royal Society. É apresentada uma carta que Keil escreve, a mando de Newton, para Leibniz (e enviada

a outros integrantes da instituição), onde ele o acusa de plágio. De acordo com os estudantes, essa carta foi escrita inspirada por outras cartas encontradas na pesquisa.

Essa NHE teve uma excelente avaliação do professor, com elogios à escrita, ao tema escolhido e à pesquisa que inspirou a escrita. Exatamente por isso, a escolhemos como exemplo para nosso argumento acima, pois, apesar desse destaque do professor ao compará-la com as outras NHEs escritas em 2015, percebemos que o grupo ainda pouco explora o caráter literário da proposta.

Em seguida, apresentamos dois exemplos, trazidos de 2016, buscando revelar um contraste na escrita das NHEs. No primeiro exemplo, encontramos uma NHE com 3 páginas (dentro do limite estabelecido), e recortamos os dois primeiros parágrafos:

> "Andando pelas ruas de Londres, sou um homem simples que vaga pelas ruas sem um rumo definido. De vez em quando tenho sorte de encontrar um cantinho para repousar e passar a noite, mas nem sempre a sorte é boa. Mas dentre todos os lugares dos quais eu já passei, um em especial me intriga. Era uma casa velha e abandonada, mesmo assim ainda servia muito bem para passar a noite.
>
> Ao entrar na casa me deparei com um monte de móveis velhos cheios de rachaduras e poeira. Enquanto aproveitava a minha estadia por ali, resolvi conhecer um pouco mais a casa, que era bem grande por sinal. E durante minha exploração encontrei um quarto que estranhamente possuía estantes repletas de livros e pertinho de uma janela havia uma mesa, totalmente controlado pela curiosidade comecei a remexer em tudo. Até que dentro de uma das gavetas da mesa encontrei um caderninho todo empoeirado, mas que ainda estava em bom estado, comparado com o restante da casa. Ao abri-lo percebi que o seu dono era alguém chamado Leibniz, Gottfried Wilhelm Leibniz."

Nos dois parágrafos acima, o cenário é elaborado, há criação de expectativas sobre o narrador, que é uma pessoa comum, não descrita em nenhum momento, e sobre um evento em particular. Esse evento particular será detonador da trama, visto que a partir do encontro do caderno de Leibniz, o narrador conhece e conta ao leitor a história de Leibniz e sua disputa com Newton.

Em outros dois parágrafos retirados de um trecho posterior da mesma NHE, encontramos outra manifestação literária que nos chamou a atenção:

> Fiquei sentado por horas no quarto lendo, a cada vez que lia uma página era uma nova descoberta. Fiquei encantado e querendo saber mais sobre a maneira com que Leibniz enxergava o mundo, e me encantava ainda mais por saber que aquele mundo era o mesmo que o meu.

> Após ter visto um mundo inteiramente novo, um pensamento me veio à mente: como será que ele havia construído tais pensamentos científicos. Como chegara a conclusão de que o pensamento dos cartesianos não era o melhor meio para se observar o movimento? Porque resolvera procurar saber mais sobre o Cálculo, que na época era um dos conceitos mais difíceis? No início pensei que fosse só um pensamento bobo e sem importância, mas por algum motivo me incomodava cada vez mais e mais. Tentava responder a essa instigante questão dizendo besteiras como "Ele era um gênio" ou "Ele tinha o dom para fazer descobertas".

Principalmente, no segundo parágrafo desse trecho, os estudantes levantam questões, através do narrador, sobre a história de Leibniz e suas pesquisas. O narrador pode ser visto aqui como um agente através do qual os estudantes manifestam a própria visão (HARRÉ, 2005), consistindo em evidências de que durante a escrita eles refletiram sobre o tema estudado. Uma fala de uma das estudantes que escreveu essa NHE, durante as últimas aulas da TLS, corrobora com essa concepção:

> A grande parte do texto vem da parte onde Thomaz, no caso, representaria os três escritores do trabalho. O motivo é obvio, criando um personagem, poderíamos incorporar nossas ideias e pensamentos nele, de modo como estivéssemos realmente debatendo sobre o assunto com o próprio Schopenhauer. Entretanto, tínhamos dúvidas, que foram colocas em questão na narrativa e de certa forma respondidas por Schopenhauer.

Apesar dessa exploração do aspecto literário, em outras partes dessa NHE encontramos passagens que indicam que os estudantes recortaram trechos de textos pesquisados:

> Segundo ele, desenvolveu esse método pois discordava do pensamento cartesiano onde dois corpos em movimento, mesmo que estivessem em movimento a quantidade de movimento do sistema poderia ser nula, dependendo do sentido e da direção em que se moviam os corpos. Embora não discordasse que essa grandeza fosse conservada, criando assim a vis viva.
>
> Seguindo Leibniz a vis viva também seria conservada durante o movimento, mas para evitar que a quantidade de movimento em todo o sistema se anulasse, em vez de usar m.V, usaria m.V². Segundo ele: F=m.a (I), mas como o trabalho de uma força é f.dx (II); onde f é a força e dx a distância percorrida. Ao substituirmos I em II, obtemos m.a.dx (III). E ao fazer manipulações matemáticas consecutivas chegamos ao resultado m.V². Esta fórmula é denominada como vis viva.

No primeiro parágrafo, encontramos uma explicação conceitual semelhante à NHL. Já no segundo, os estudantes deixaram os índices (I), (II) e (III), sem nenhuma menção em notas de rodapé ou ao término do texto, sugerindo que esses trechos foram

recortados de outros textos e não editados. Esse exemplo nos ilustra que o grupo pode ter enriquecido a NHE no aspecto literário, mas isso não evita que a maior parte da NHE seja escrita como se seu objetivo fosse trazer um conteúdo científico "correto" dentro de uma história interessante.

É importante deixar claro que não estamos criticando as NHE por conterem informações trazidas da pesquisa realizada pelo grupo, visto ser um dos objetivos e critérios de avaliação. Entretanto, no *Roteiro* e nas explicações realizadas em sala, buscamos orientar os estudantes que essas informações não deveriam ser inseridas de forma explícita e pedante, como se estivessem explicando ao leitor algo didaticamente. É certo que a pesquisa serviria para dar corpo ao texto, mas que deveria ser traduzida de forma natural e "narrativa".

O segundo exemplo de NHE de 2016, inicia-se com os dois parágrafos a seguir destacados:

> "Consuela, este é meu nome, sou a serviçal da casa do Sr. Friedrich Leibniz e Sr.ª Catarina Schumuck, hoje estou presenciando o nascimento do bebe do casal, ela me disse que esse se chamará Gottfried Wihalem Leibniz. Estamos ao leste do estado da Saxônia, numa cidade chamada Leipzig, sendo hoje 1º de julho de 1646.
>
> Hoje depois de buscar o pequeno alemão, este com 7 anos, vindo da escola Nicolai, onde ele estuda principalmente latim, estávamos a caminho da casa. Ao adentrá-la, a Srª. Catarina nos surpreendeu com a notícia que o pai de Willem faleceu, por isso ficamos triste profundamente mas, certamente, creio que esta criança poderá preencher a perda de uma figura paterna com a herança da biblioteca do pai, a qual abrange uma gama de assuntos do conhecimento, chegando a passar horas lendo variados temas. Nesse mesmo dia, durante a noite, quando preparava o jantar..."

O trecho destacado inicia-se com a apresentação da narradora, uma personagem fictícia que é utilizada para testemunhar e narrar eventos da vida de Leibniz em diferentes épocas. Pela escolha dessa narradora, o grupo conseguiu elaborar o contexto no qual o alemão nasceu e cresceu, apresentando informações sobre a família e hábitos diários. Além disso, foram destacados alguns dos elementos que possibilitaram seu ingresso na vida política e científica. Em outro trecho, reconhecemos, o grupo levantando questões sobre a ciência durante a NHE:

> De fato, a ciência constitui-se como algo imaterial que é tão intrínseco ao homem quanto sua inteligência e seu instinto. É possível inferirmos a evolução intelectual e ética do homem tem relação

> especifica e peculiar com a ciência e, portanto o uso desta lhe permitiu e contribuiu para o seu triunfo sobre várias e distintas espécies de seres vivos da biosfera, sendo contemporaneamente uma das espécies mais populosas, ainda que seja a mais causadora da degradação ambiental.
>
> Então ao longo do tempo, com as modificações das civilizações, o ser humano restrito a antigos me incontestáveis proposições, busca observar e estudar o mecanismo do que está ao seu redor e também o mais além, dando abertura para novas descobertas e melhor entendimento de si, da comunidade que interage no espaço que vive e como vive, assim todo esse ciclo evolutivo de saber gradativamente mais sobre muitos assuntos pode ser então a famosa ciência.

Novamente, encontramos na NHE uma passagem em que o aspecto literário está mais explorado, com levantamento de questões sobre a ciência. Ainda assim, em outros dois parágrafos encontramos o mesmo "caráter conteudista" presente nas NHEs de 2015 e na de 2016 destacada anteriormente:

> Embora agora ele deva resolver conflitos do Sacro império romano germânico, Willem aspira muito estudar matemática. Em diante Leibniz viajara constantemente pela Europa e assim em 1672, sendo que no ano anterior ele havia publicado uma obra chamada *Hypothesis Physics Nova*, trabalho físico o qual defendia as ideias de Johanes Kepler quanto a noção do movimento, explicando que esse depende da ação do espirito, visita à capital francesa onde conheceu Christiaan Huygens, francês que lhe direcionou a leitura de tratados de 1658 de Blaise Pascal, no propósito de se tornar um matemático, também estudou física sob a tutela e orientação de Huygens.
>
> Seguindo no ano seguinte saímos de França e fomos para Londres, nessa cidade teve a chance de conhecer a Royal Society e para conseguir admissão a essa, elaborou uma maquina de calcular, mesmo que estivesse incompleta, desse modo foi convocado para ocupar as fileiras da instituição em 19 de abril.

Aqui, os estudantes buscaram apresentar os eventos na vida de Leibniz de forma mais coloquial, através dos olhos da narradora. Apesar de reconhecermos o aspecto literário dessa NHE, entendemos que nesses últimos trechos destacados há muitas informações que parecem recortadas de outros textos, resultando em parágrafos densos e, de certa forma, conteudistas.

Sobre o processo de escrita, algumas considerações devem ser apresentadas sobre o desenvolvimento de interesse dos estudantes com a escrita da NHE. Os comentários feitos por estudantes pessoalmente ao professor após a avaliação das NHEs e as respostas dos grupos ao formulário de avaliação da TLS indicam que alguns estudantes começaram a desenvolver um *interesse individual* (HIDI, 2001) no tema da NHE, enquanto outros delegaram aos colegas a escrita da NHE.

Os comentários feitos nos corredores da escola e, outros, incluídos como anexo nas NHEs entregues ao professor, relataram a dificuldade de trabalhar em grupo e que em alguns casos o trabalho foi feito por um ou dois integrantes:

> Tivemos alguns atrasos no trabalho por causa da falta de interesse de alguns dos integrantes. Para ser mais exata, dois integrantes. Um deles, apesar de ter ajudado pouco, merece reconhecimento pelo que fez, já outro não teve praticamente influência nenhuma em nosso trabalho.
>
> É um exercício muito grande escrever com outras duas pessoas que não pensam a mesma coisa que você e possuem estilos de escrita extremamente diferentes.
>
> Em suma, esse foi o trabalho mais difícil e cansativo – perdi a conta das noites que fiquei sozinho fazendo isso - que já tive que fazer, não apenas por ter sido uma proposta diferente, mas ainda mais por ter mexido com o meu emocional.

Para sustentar esse resultado, algumas respostas dos estudantes na avaliação da TLS serão destacadas, quando perguntados se "o formato dessa atividade contribuiu ou não para uma divisão justa de trabalho entre os integrantes do grupo?".

> Não, trabalhos em grupo geralmente sobrecarregam um integrante, enquanto outros pouco se importam com o trabalho, mas mudar isso é quase impossível.
>
> O intuito da atividade foi muito bom, porém na prática não deu muito certo, pois a divisão das tarefas foi completamente injusta. Dois dos três membros faziam nada ou quase nada.
>
> Não, não queremos falar sobre isso.
>
> Não, em alguns grupos apenas uma pessoa escreveu.
>
> Não, pois a construção da narrativa passou em branco para alguns integrantes.

Apesar dessas respostas, outros grupos registraram:

> Sim, todos fizeram suas partes e no final o trabalho exigiu a revisão do mesmo pela visão dos 4 integrantes.
>
> Sim, dividimos as tarefas em duas partes e foi mais fácil a divisão justa.
>
> Contribuiu, pois requeria um trabalho em conjunto para andar para frente.
>
> Foi muito divertido, não brigamos nada, foram boas as discussões

Reconhecemos que, no contexto escolar, a proposta de trabalhos em grupo deve considerar a dificuldade da divisão justa de tarefas e que o processo de escrita de uma NHE pode demandar uma dedicação e envolvimento pessoal tal que a voz de outros integrantes do grupo acabe por ser considerado um obstáculo à escrita do componente do grupo que tomou a frente do processo. Assim, um desafio encontrado tanto em 2015, quanto em 2016, foi potencializar o desenvolvimento de um *interesse individual* nos estudantes através de atividades nas quais eles tivessem autonomia, mas que isso não excluísse a participação de alguns no processo de produção da NHE.

Mesmo considerando que alguns não participaram da produção da NHE, muitos estudantes pareceram se envolver muito no projeto e revelaram uma reação emocional com a proposta, indicando que sentiram frustrações no processo, mas persistiram, o que indica a existência de um *interesse individual* na atividade. Primeiro, destacamos algumas falas de estudantes que foram registradas em áudio na última aula da TLS e transcritas:

> Primeiro, queria dizer que adorei a proposta, mesmo que durante esse tempo eu queria "te matar". Mas, queria mesmo! Segundo, esse trabalho me envolveu muito e também à minha família. Meus dois irmãos mais novos ficavam ao meu lado e até minha mãe lia o que eu escrevia. Aí você falou James (nome errado do personagem) e eu pensei "Ih, ele nem leu". Mas, aí você explicou a avaliação e eu entendi. Colocamos várias coisas no texto pensando se você ia perceber (easter eggs). Você percebeu alguns."
>
> Só queria agradecer ao senhor pela proposta do trabalho. Nós temos em torno de 8 trabalhos para fazer, mas o seu foi o que mais mexeu com a gente. Normalmente, minha mãe me obriga a dormir às 22hrs, mas o seu é o único trabalho que me fez ir mais que isso. Foram muitas mensagens com X e horas de pesquisa, um vídeo de 2 horas (que eu aproveitei só 15 min). Sofri fazendo nossa história e minha mãe viu aquilo. Ela disse: "Você sabe que sofreu muito, mas agora você vê o resultado final e como você tem orgulho do seu texto. Só queria mesmo agradecer muito pela oportunidade. Seus trabalhos são os que mais fazem a gente pensar.
>
> Tentamos escolher 3 temas para falar muito sobre. Houve muito debate no grupo, trocamos muitas mensagens e áudios. Ficamos empolgados e angustiados com o trabalho.
>
> E, ser criticada quanto ao enredo e trama, foi algo que feriu meu intelecto, porém, me fez perceber que preciso voltar a estudar e treinar se pretendo realmente seguir carreira no ramo da escrita.

> Não me arrependo de ter escolhido um tema difícil, perdi noites e noites, dias e dias, horas e horas, mas tenho a certeza que se não fiz o meu melhor, cheguei perto disso.
>
> (após uma crítica do professor) “Foi engraçado, pois em todos os lugares que pesquisávamos a vida de Émile encontrávamos informações sobre Voltaire, então queríamos nos desviar disso. Aí na sua correção você nos pede mais sobre ele. Foi muito difícil encontrar informação sobre ela.
>
> Eu passei 1h conversando com meus pais e contando e explicando quem era ela (Émile) e o que ela fez.”
>
> “Nós nos envolvemos muito com o texto e sua correção. E, assim, algumas palavras da correção... machucou.

Agora, destacamos trechos retirados da avaliação da TLS feita pelos grupos:

> Assim que a proposta do trabalho foi feita, achei sensacional, talvez pelo fato de ser amante da leitura e da escrita, e, devo confessar, acreditei que seria o trabalho mais fácil da história. Porém, após iniciar o trabalho, percebi que escrever uma narrativa e aplicar conceitos científicos nela são coisas totalmente diferentes. Não acredito que tenha dado o melhor de mim e, por mais que tenha negado, percebi que não sou tão boa escrevendo quanto imaginei, o que me fez valorizar demais o esforço e determinação dos meus companheiros de trabalho.
>
> A princípio, quando eu analisei o tema, eu pensei “esse vai ser moleza”. No entanto, percebi o quanto eu estava enganado. Quando eu comecei a me aprofundar no assunto vi quantas informações o conteúdo trazia e me veio uma certa preocupação. Apesar disso, o tema começou a conquistar um espaço no meu coração (ou quase isto).
>
> É obvio que a nota importa, mas nesse caso nem tanto, porque independente dela sei que foi um dos trabalhos mais prazerosos que já fiz e que valeu a pena: as discussões, atritos, resoluções e o conhecimento.
>
> Porém, mesmo com muitas dúvidas, achamos que conseguimos, com nossa criatividade, desenvolver um bom trabalho, misturando a parte física com os elementos da narração e superando as adversidades com muito estudo, sabemos que o trabalho tem algumas falhas, mas, achamos que, no geral, foi um bom trabalho e ficamos muito gratos pela oportunidade de conhecermos uma pessoa tão maravilhosa e genial como a Émillie.
>
> Foi um prazer conhecer novos físicos, apesar da dificuldade de produzir uma narrativa digna de surpreender. Nunca tivemos a experiência de produzir uma narrativa.
>
> Foi muito interessante escrever um romance sobre o século XVIII.

> É prazeroso descobrir e pesquisar sobre novas coisas, pois nos agrega conteúdo e conhecimento.
>
> Aprender é muito bom e com o trabalho, vivenciamos esta experiência.
>
> Foi muito boa a liberdade que tivemos para escrever o texto.
>
> Achamos bom conhecer ainda mais o que nós estudamos em sala e também poder montar a nossa própria história.

No relato de uma estudante, encontramos a capacidade de contar uma história para outra pessoa (para os pais), o que demonstra que houve o desenvolvimento de um *interesse situacional* no tema da NHL (HIDI, 2001).

Atividade pós-entrega da NHE

A proposta de escrita de 2 versões para a NHE apontou alguns problemas. O primeiro refere-se ao tempo da atividade, os estudantes não tiveram tempo suficiente para realizar as modificações esperadas, pelo fato dessa atividade ter ocorrido no final do bimestre escolar, acumulando a reescrita da NHE com atividades obrigatórias de outras disciplinas. Outro problema refere-se ao fato das 2ª versões das NHEs apresentarem modificações primordialmente de natureza literária, com pouca pesquisa adicional. Os estudantes, aparentemente, buscaram somente corrigir pontos criticados pelo professor, mas sem se aprofundar em questões presentes na 1ª versão.

Essa análise foi feita selecionando as duas versões das NHEs de um grupo de estudantes em arquivos de Word e utilizando a ferramenta “Comparar”, que permite cruzar os textos e destaca as modificações que foram feitas de um para o outro. Selecionamos 2 NHEs como exemplo.

Para cada uma das NHEs, apresentamos um exemplo de trecho que represente uma mudança significativa na escrita, como partes que trazem novos resultados de pesquisa do grupo ou numa reestruturação do texto (ampliação dos debates, mais informações sobre o contexto histórico, etc.). Depois, serão destacados trechos da primeira e da segunda versão e comparados, para demonstrar pontos em que houve somente uma reescrita, com poucas informações a mais, limitada ao aspecto literário.

A primeira NHE a ser destacada apresentou um pintor como narrador e personagem principal. É narrado que seu pai discordava da sua escolha pela arte e tentava incentivá-lo para as “ciências exatas”, o que acabou gerando nele um interesse

pela Física. O pintor recebe, de presente, uma cópia das cartas trocadas entre Leibniz e Samuel Clarke acerca da natureza de conceitos como o espaço e o tempo. Através de uma discussão sobre o conteúdo das cartas, o pintor traça semelhanças entre a ciência e a arte e entre a prática de cientistas e artistas.

Foram recortados trechos da NHE, nos quais reconhecemos que houve mudanças significativas entre a primeira e segunda versões. Primeiro, comparamos trechos das duas versões, destacando onde o grupo expandiu a história de vida do narrador:

> [...] já havia tentado ingressar em Cambridge faziam cinco anos, por mais que a educação estivesse se abrindo a uma maior parcela da sociedade, faltava muito o que avançar. [...] enquanto eu voltava para o condado de Lincolnshire após a morte de minha mãe, com isso meu pai adoeceu e minha vida tornou-se monótona. Descobri a beleza da vida com pincéis e saí de casa depois da recuperação de meu pai, tinha voltado a fazer planos de novo. (1ª versão)
>
> Após a morte de minha mãe, meu pai adoeceu e minha vida tornou-se monótona. Aliado ao meu não ingresso em Cambridge, tive de conseguir alguma maneira de cuidar de meu pai e manter minha dignidade, pois após a minha rejeição da universidade e a morte de minha mãe, foi aberto um grande vazio na minha vida.
>
> Entre os cuidados com meu pai e o tempo livre que eu tinha, para não pensar muito em minha falecida mãe, fui redescobrindo a beleza da vida com pincéis, e passei a dedicar todo o tempo que tinha para a pintura. Após alguns meses, meu pai se recuperou e eu saí de casa, pois tinha voltado a fazer planos. (2ª versão)

Em seguida, apresentamos um trecho que foi acrescentado pelo grupo à segunda versão de sua NHE, onde reconhecemos a continuidade da pesquisa sobre a troca de cartas entre Leibniz e Clarke:

> Em nosso encontro, Clarke me explicou que Leibniz havia enviado uma missiva a Princesa de Gales, Caroline - ela havia sido sua aprendiz quando ele esteve em Berlim e, por esse motivo, Leibniz fez dela sua intermediária no início dessa desavença - no ano passado, e essa, por sua vez a enviou a Clarke para que ele pudesse defender a ideologia Newtoniana.
>
> [...] E conforme avançava na leitura, percebi que a discussão entre eles ia muito além de um simples desentendimento sobre quem está certo sobre o cálculo, pois, nas cartas, eles argumentam acerca da natureza do espaço, Newton me parecia afirmar que a existência de a relação de Deus com o mundo e a noção de milagre.
>
> Percebi que Leibniz usa como base um dos seus princípios mais conhecidos, o Princípio da Razão Suficiente, que diz que tudo existe e tudo o que acontece tem uma razão (causa ou motivo) para existir ou para acontecer, e que tal razão pode ser conhecida pela nossa própria

> razão. Clarke reconhece a importância desse princípio, porém, a sua interpretação sobre o mesmo difere da de Leibniz, ou seja, Clarke defende suas concepções a partir do seu próprio entendimento sobre o Princípio da Razão Suficiente.
>
> Na primeira carta, Leibniz afirma que Newton diz que o espaço independia de objetos que o ocupassem e o atribuiu a Deus, é o órgão de que Deus se serve para sentir as coisas, e continua e fala que se Ele carece de algum meio para identificá-las, logo, elas não se originam inteiramente Dele, portanto, não é sua obra.

A 2ª versão foi entregue com cinco páginas, enquanto a primeira contava com três. Comparando os textos, reconhecemos que o grupo cortou poucos trechos da 1ª versão, modificou trechos que, numa visão geral, totalizam 15% do texto inteiro e adicionou partes como as duas citadas acima. Essas partes adicionadas totalizaram 50 linhas ou o equivalente a pouco mais que 1 página (na formatação feita pelo grupo).

Essa quantidade de material novo na NHE foi bem avaliada pelo professor, reconhecendo o esforço do grupo e acabou tornou-se critério da avaliação. Entretanto, a expectativa para a 2ª versão não era somente adicionar um novo material resultante da pesquisa. Esperávamos que os estudantes reestruturassem seu texto, elaborassem partes que sofreram críticas e aprofundassem as pesquisas sobre os temas questionados pelo professor na avaliação da 1ª versão. De um modo geral, encontramos nas segundas versões das NHEs mudanças superficiais.

Entendemos que houve duas causas para que as segundas versões não contivessem modificações que contemplassem as questões destacadas pelo professor na avaliação das primeiras versões. Primeiro, não houve tempo suficiente para os grupos trabalharem sobre as críticas do professor na avaliação da primeira versão, pesquisar novamente e reescrever o texto. O intervalo de 10 dias próximos às avaliações formais de fim de bimestre impossibilitou um trabalho eficiente.

Segundo, de acordo com o professor e semelhante ao ano de 2015, há um comportamento, uma reação dos estudantes de que a 1ª versão é "um trabalho pronto, sem motivo para retomá-lo", algo concluído. As atividades não possibilitaram a manutenção do *interesse situacional* gerado e os estudantes não quiseram retomar um trabalho considerado já pronto, para reconstruí-lo.

Entendemos que isso não é uma questão pessoal dos estudantes, mas algo fruto da cultura escolar, onde poucos trabalhos são retomados. Normalmente, um trabalho finalizado é avaliado e encerrado, poucas vezes voltando a se tornar objeto de reflexão.

Essa análise foi levada ao grupo de pesquisa e estratégias foram pensadas para buscar trabalhar o problema, como será dito no *re-design*.

Assim, essa etapa da TLS não contemplou o objetivo de promover reflexões sobre as práticas científicas presentes nas 1ªs versões da NHE. A avaliação do professor foi o único momento no qual os estudantes foram questionados sobre quais elementos da pesquisa realizada foram trazidos ao texto de forma a representar as práticas daqueles homens e mulheres dos séculos XVII e XVIII.

5.5 – Re-design

Semelhante à etapa anterior, apresentamos as mudanças decididas na etapa do *re-design* pela ordem na qual as atividades foram realizadas: leitura da NHL, *Momentos de Interrupção, Aulas com Slides, Roteiro,* produção da NHE e atividade pós-escrita da NHE. Entretanto, iniciamos por uma inquietação que surgiu após a avaliação de cada etapa da TLS.

Apesar de o professor ter buscado destacar os objetivos das atividades da TLS aos estudantes e os dados apontarem que houve um entendimento satisfatório, ainda assim, durante toda a TLS, o professor interpretou em algumas falas e no comportamento dos estudantes certo incômodo ou dúvida. Como exemplo, podemos citar a fala de um estudante, já destacada acima, "*Não sabemos sobre o quê ter dúvidas"*, o estranhamento de alguns estudantes com a atividade do MI, ou a reação de alguns grupos às questões levantadas durante a avaliação da 1ª versão de suas NHEs.

Essa inquietação sugeriu que, em todas as turmas havia estudantes que não entendiam alguns o porquê de estarem sendo convidados a realizar aquelas atividades e, logo, não participavam das discussões. Apesar do potencial da TLS em promover discussões e levantar questões de caráter filosófico, histórico e sociológico sobre a ciência, se um estudante apresentar um *interesse situacional em desenvolvimento* ou um *interesse individual* por um tema (HIDI e RENNINGER, 2006; HIDI, 2001), não compreender seu significado ou sua importância, seu engajamento em qualquer atividade com esse tema será prejudicado.

A parte da TLS correspondente à leitura da NHL foi modificada, de forma que a 3ª parte da NHL foi retirada da TLS. Nos dois anos de aplicação da TLS (2015 e 2016), o professor não conseguiu discutir bem em sala de aula o tema da 3ª parte da NHL, que foi a disputa do Cálculo Diferencial entre Leibniz e Newton (além do texto terminar com a morte de Leibniz). Em ambos os anos, a leitura e o MI dessa parte não contaram com tempo suficiente e, quando eram realizados, os estudantes já estavam terminando suas NHEs.

Outro motivo para essa retirada foi que as questões do 3° MI exploraram as relações entre Física e Matemática e a existência de controvérsias na ciência, temas que não foram bem articulados com as primeiras partes da NHL.

Além disso, a NHL estava dividida em três partes e percebemos que seria possível ler somente a 1ª e a 2ª partes, sem prejudicar o entendimento do texto ou seu aspecto literário. Dessa forma, as informações que o professor considerou interessantes da 3ª parte da NHL foram apresentadas durante as *Aulas com Slides*.

Ainda sobre a NHL, mantivemos a solicitação aos estudantes de levantamento de questões durante sua leitura em sala. Apesar dessas questões levantarem pontos que já estariam contemplados nas *Aulas com Slides*, diante dos "não-ditos" na NHL, elas representam as dúvidas e curiosidades dos estudantes e, assim, podem direcionar a atenção que o professor dará a questões científicas, históricas ou biográficas durante a TLS. Por fim, apesar da falta de dados para suportar essa afirmação, mas concordando com a literatura (METZ, 2007), entendemos que essas questões contribuem para que o estudante realize uma leitura mais atenta da NHL.

Os slides das *Aulas com Slides* não foram modificados. Mas, o professor precisou planejar o que seria falado e que questões ele iria trazer durante as aulas, para contemplar o conteúdo que seria trazido da 3ª parte da NHL. Assim, nos slides onde seria discutido a fundação da Royal Society, que seguiam slides, nos quais Leibniz e Newton já haviam sido apresentados, o professor deveria comentar sobre a disputa entre os dois sobre o Cálculo Diferencial.

As modificações realizadas no *Roteiro* estão relacionadas às mudanças planejadas para a atividade de produção da NHE e à *Atividade pós-entrega da NHE*, logo serão discutidas em conjunto. Os dados de 2016 nos indicaram que, quando os estudantes escolheram temas "livres" para a NHE, houve engajamento na pesquisa e na

sua escrita. Além disso, os estudantes constantemente levantaram questões com o professor, durante as aulas e fora delas, sobre o recorte histórico escolhido. Mas, principalmente, a atividade de produção da NHE foi entendida como um momento que possibilitou aos estudantes refletirem sobre o recorte histórico escolhido, inspirados pelas discussões realizadas em sala de aula durante a TLS.

Dessa forma, a pesquisa e a escrita da NHE seriam realizadas sem os estudantes consultarem nenhum conteúdo científico ou histórico que o professor apresentou, mas, sim, poderiam se inspirar na leitura da NHL e nas discussões realizadas em sala de aula para construir um olhar crítico para realizar a atividade solicitada. Isto é, ao escolherem um tema "livre" para pesquisar sobre, esperamos que os estudantes se perguntem quais seriam as práticas científicas às quais eles iriam atentar e deveriam problematizar para escreverem a NHE.

Assim, o *Roteiro* sofreu algumas modificações para contemplar essa nova proposta. Foi retirada toda referência à leitura da 3ª parte da NHL e a proposta foi apresentada com a escolha de temas "livres", pelos estudantes, para a escrita da NHE. Na parte de *Regras*, colocamos:

> *O tema a ser escolhido é "livre", mas deve ter alguma referência às ciências da natureza, como Física, Química, Geologia, Arqueologia, Astronomia, etc.*

Uma outra modificação na proposta da NHE foi pensada para facilitar o planejamento e orientar a pesquisa dos estudantes. Incluímos uma data, duas semanas antes da entrega da NHE, para os estudantes apresentarem um rascunho das ideias centrais que eles planejavam seguir para pesquisar e escrever a NHE. Nessa data, o professor utilizaria parte de um tempo de aula (50 min) para ouvir e ler o rascunho de cada grupo.

Esse momento foi pensado para auxiliar nos seguintes quesitos: possibilitar ao professor orientar os estudantes sobre o tema escolhido, mantendo o mesmo sobre as ciências da natureza; sugerir caminhos para a pesquisa, incluindo comentários sobre caminhos para encontrar fontes de pesquisa; ouvir e comentar sobre as estratégias literárias pensadas pelos estudantes.

Pretendia-se que esse momento de discussão do rascunho das NHE permitisse ao professor apresentar críticas, sugestões, com vistas a estimular suas pesquisas e escritas.

Além disso, por reconhecer, em 2015 e 2016, que a NHE demanda bastante tempo de produção, esse momento serviria para que os estudantes atentassem ao desafio à frente deles e começassem a produzir a NHE, dispondo de duas semanas para o processo.

A última modificação realizada no *Roteiro* foi a retirada da proposta de escrita da 2ª versão da NHE. Apesar dessa mudança, reconhecemos que discutir a NHE era importante. Assim, construímos uma atividade, dividida em duas partes, para ser realizada durante uma aula de 100 minutos. Em uma parte, os estudantes, organizados em grupos, responderiam a um pequeno questionário construído para levantar as dificuldades, interesses e curiosidades que o grupo teve durante a produção da NHE. Em seguida, cada NHE seria entregue a um grupo aleatório, para que fosse lida e avaliada a partir de algumas questões apresentadas pelo professor. Essa atividade será descrita na etapa de *design* do ano seguinte, 2018.

6– A Design Based Research em 2018

Em 2017, foi atribuído ao professor uma carga horária de aulas no Ensino Técnico superior a 2016, enquanto estava cursando disciplinas no curso de Doutorado. Assim, considerando o risco da atuação do professor na TLS ser prejudicada por falta de tempo, a TLS foi aplicada com o mesmo *design* de 2016.

Foi considerado incluir a tomada de dados de 2017 na análise de 2016 e criar um subcapítulo híbrido, com os dois anos. Entretanto, duas considerações nos fizeram repensar essa ideia. A tomada de dados em 2017 não foi realizada de forma sistemática, prejudicando a *avaliação*. Assim, foi decidido excluir os dados de 2017 da DBR e escolhemos o ano de 2018 para aplicar a TLS, redesenhada a partir dos resultados de 2016, com o intuito de responder a nossa pergunta de pesquisa.

Em 2018, a TLS foi aplicada em uma turma do curso de Turismo. A TLS de 2018 foi construída a partir das reflexões e *re-designs* realizados durante todo o processo de desenvolvimento da DBR. Ainda assim, entendemos que ela não representa um "ponto final" na pesquisa. Serão apresentadas todas as etapas da DBR, incluindo a etapa de *re-design*, considerando que essa pesquisa responde questões, mas também levanta questões que podem contribuir com a literatura em Educação em Ciências.

6.1 - A Seleção do tema e os princípios de design

Entre o re-design de 2016 e a reconstrução da TLS para 2018, o NIEHCC continuou a reunir-se semanalmente, mas o Brasil viveu momentos políticos, que afetaram as modificações trazidas a TLS de 2018. Em 2017, podemos listar alguns desses acontecimentos, em ordem cronológica:

- 1 de janeiro: Surto de febre amarela causa centenas de mortes nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte.

- 6 de janeiro: Rebeliões em presídios do Brasil culminam na morte de cerca de 120 prisioneiros.
- 19 de janeiro: Acidente aéreo em Paraty, Brasil, mata o ministro e relator da Operação Lava Jato no STF, Teori Zavascki, o empresário Carlos Alberto Filgueiras e outras três pessoas.
- 30 de janeiro - Polícia prende o proprietário do Grupo EBX, Eike Batista, por supostas propinas a autoridades do Rio de Janeiro, inclusive o ex-governador Sérgio Cabral Filho.
- 8 de fevereiro - TRE-RJ determina cassação dos mandatos do governador do Rio de Janeiro, Luiz Fernando Pezão e do vice Francisco Dornelles.
- 28 de abril - É realizada uma greve geral nacional contra cortes em benefícios de seguridade social e mudanças nas leis trabalhistas pelo governo Michel Temer.
- 9 de junho - O TSE absolve a chapa Dilma-Temer por supostas ilegalidades na campanha eleitoral.
- 12 de julho O juiz Sérgio Moro condenou o ex-presidente Luiz Inácio Lula da Silva pelos crimes de corrupção passiva e lavagem de dinheiro. Foi o primeiro presidente do Brasil a ser condenado criminalmente desde a promulgação da Constituição de 1988.
- 8 de novembro - Comissão aprova projeto que restringe aborto até em caso de estupro.

Em 2018, ocorreu, em ordem cronológica:

- 16 de janeiro - Organização Mundial de Saúde aufere a incidência de casos de febre amarela e inclui o estado de São Paulo em área de risco.
- 24 de janeiro - Luiz Inácio Lula da Silva é condenado a 12 anos de prisão por corrupção passiva e lavagem de dinheiro.
- 16 de fevereiro - Início da intervenção federal no Rio de Janeiro, a primeira intervenção federal desde a constituição de 1988.
- 14 de março - A vereadora da cidade do Rio de Janeiro, Marielle Franco (PSOL), e seu motorista, Anderson Gomes, foram assassinados a tiros, por volta das 21h30, no bairro do Estácio, região central do Rio de Janeiro.

- 21 de maio - Caminhoneiros entram em greve nacional durante cinco dias seguidos. Os motoristas protestam contra o aumento do preço dos combustíveis, o fim da cobrança de pedágio por eixo suspenso e pelo fim do PIS/Cofins sobre o diesel.
- 2 de setembro — Um incêndio de grandes proporções atingiu os três andares do prédio do Museu Nacional do Brasil, na Quinta da Boa Vista, zona norte do Rio de Janeiro. Estima-se que 80% do acervo localizado no museu tenha se perdido no incidente.
- 6 de setembro — O candidato à presidência da república Jair Bolsonaro é vítima de uma tentativa de assassinato à faca durante campanha eleitoral em Juiz de Fora, Minas Gerais.[15]

A pesquisa realizada durante esses quatro anos havia sido inspirada, como apresentado nos capítulos 2 e 3, em questões como: Para que serve o Ensino de Ciências? O Ensino de Ciências deve ser limitado a um conteúdo ou produto científico? Que discussões sobre a ciência podem ou devem ser realizadas em sala de aula? Entendemos que a DBR realizada em 2015 e 2016 contemplou essas questões e, inspirada no aporte histórico-contextual, nos levou a definir como objetivo considerar a sala de aula como um espaço de debate e reflexão sobre a ciência.

Entretanto, diante dos eventos destacados acima e do contexto que o nosso país passava, ficou claro para o professor e para o NIEHCC que a sala de aula não pode ficar isolada da realidade. Casos como o surto de febre amarela, campanhas anti-vacinação, os cortes em Pesquisa e Educação no país e o incêndio no Museu Nacional do Brasil clamaram por ações no espaço escolar que possibilitassem os estudantes problematizar as situações do contexto político e científico do Brasil de 2018.

Com isso em mente, mantivemos o aporte na HCC e a utilização da leitura e da escrita de NHs na TLS. Porém, a TLS foi desenhada de forma inspirar os estudantes a participarem ativamente nas reflexões e nos debates históricos propostos, mas também gerar discussões em torno às inquietações que o contexto político de 2018 nos trouxe. A partir dessas considerações, não indicamos no ano de 2018 temas para a escrita da NH por parte dos estudantes.

[15] Os eventos acima não foram destacados para deixar a banca deprimida com a situação brasileira, mas para contextualizar o cenário onde a TLS de 2018 foi aplicada.

6.2 – Design

A atividade com a NHL e o MI se manteve semelhante a 2016, porém, como já destacado no *re-design* do ano de 2016, utilizando somente a 1ª e 2ª partes da NHL (Apêndices I e II). As questões do MI não foram modificadas e nas *Aulas com Slides* foram usados os mesmos slides de 2016.

Modificações no *Roteiro*

O *Roteiro* entregue aos estudantes sofreu algumas modificações. Primeiro, a escrita da NHE foi proposta a partir de temas "livres", através da modificação nas *Regras*:

> *O tema escolhido é "livre", mas deve ter alguma referência às ciências exatas, como Física, Química, Geologia, Arqueologia, Astronomia, etc.*

As atividades anterior e posterior à entrega da NHE mudaram e foram descritas dessa forma: a) os estudantes deveriam construir um rascunho, com as ideias centrais para a escrita da NHE. Nesse rascunho deveria estar descrito o tema escolhido pelo grupo, que questões sobre a ciência eles planejavam explorar a partir do tema e algumas das ferramentas literárias que seriam construídas para a NHE, como o *cenário*, os *atores* e a *estrutura*. Num dia marcado, os estudantes levariam o rascunho para a sala de aula com vistas a discuti-lo com o professor; b) Em seguida, os estudantes deveriam produzir a NHE, em somente uma versão, para ser entregue ao professor. e c) No *Roteiro* foi informado que haveria uma última atividade, em sala, na qual as NHEs de todos os grupos seriam utilizadas, mas a atividade não foi descrita.

No *Roteiro*, essas três etapas foram descritas assim:

2018 – Modificação no *Roteiro*: inclusão das atividades anterior e posterior à entrega da NHE.

Etapas:

- Primeiro, os grupos devem entregar ao professor um rascunho com um resumo dos acontecimentos do texto e que questões

sobre a ciência vocês querem explorar na escrita. Irei conversar com cada grupo em sala para sugerir modificações no dia da entrega do rascunho.

- Segundo, no dia 12/09 deverá ser entregue a 1ª versão da narrativa. O professor irá ler e avaliar, retornando com comentários ao grupo.
- No dia 28/09, será realizada uma atividade final em sala de aula com as narrativas de todos os grupos.

Atividade pós-entrega da NHE

Para contemplar as reflexões geradas em 2016, modificamos a atividade pós-entrega da NHE. Essa atividade foi construída em duas partes. A primeira parte seria feita, pelos estudantes, em casa, e, a seguinte, em sala de aula. Assim que a NHE foi entregue ao professor, entregamos três perguntas aos estudantes, que deveriam ser respondidas pelo grupo em casa e trazidas na aula seguinte (enquanto o professor avaliava as NHEs). As três perguntas foram construídas para levantar as opiniões dos estudantes sobre diferentes aspectos e etapas do processo de pesquisa e escrita da NHE:

Perguntas sobre o processo de construção da NHE

1. Em relação à pesquisa para escrever a narrativa (ao processo e ao conteúdo histórico e científico):

a) O que mais interessou o grupo?

b) Escreva, em um pequeno texto, descrevendo como vocês fizeram para pesquisar e escrever a narrativa?

c) Que dificuldades vocês enfrentaram nesse processo?

2. Com que dúvidas ou curiosidades vocês ainda ficaram, mesmo após pesquisar e escrever sobre o tema?

3. Que passagens do texto de vocês podem levantar questões sobre como a Ciência é entendida e como ela foi e é construída?

Com a primeira pergunta, buscamos levantar os interesses e dificuldades na produção da NH, e pedimos que os estudantes descrevessem as etapas que o grupo realizou durante a produção da mesma. A segunda pergunta foi construída para levantar as dúvidas e curiosidades que permaneceram após o término da NHE.

A última pergunta foi construída para colocar todos os estudantes do grupo para refletirem sobre que práticas científicas chamaram a atenção na leitura da NHE e possibilitariam levantar discussões sobre a ciência no recorte histórico em questão.

Partimos do pressuposto que essas questões também foram motivações dos estudantes para a escrita da NHE, o que poderia revelar alguns dos seus interesses no tema selecionado. Na estrutura da pergunta, colocamos a expressão "podem levantar" para destacar o caráter não determinista da TLS, evitando uma definição única do que é ciência.

Na aula seguinte, os estudantes trariam as perguntas respondidas. Em sala, como segunda etapa, distribuiríamos as NHEs aos estudantes, organizados nos mesmos grupos. A distribuição ocorreu a partir de um sorteio, de forma a garantir o caráter aleatório do processo. Após a leitura da NHE recebida, o grupo responderia a outras três questões:

Perguntas sobre a leitura da NHE produzida por outro grupo

1. Identifique, com uma breve descrição abaixo e destacando os respectivos trechos, o que mais interessou o grupo na narrativa lida?

2. Escrevam uma pequena resenha do texto, que deverá ser lida à turma no final da aula.

3. Que passagens do texto vocês destacariam que levantam questões sobre como a Ciência é entendida e como ela foi e é construída?

Na primeira questão, levantamos a opinião do grupo sobre que trechos da NHE gerou interesse neles. Assim, foi possível comparar a resposta dessa questão com a opinião do grupo que escreveu a NHE, o que foi realizado na etapa de *avaliação* dessa TLS.

A segunda questão solicitou a escrita de uma pequena resenha da NHE recebida, que seria lida à turma, no final da atividade. Seu objetivo foi motivar os estudantes a interpretarem a NHE em grupo e levantar que eventos do texto seriam selecionados como centrais à narrativa.

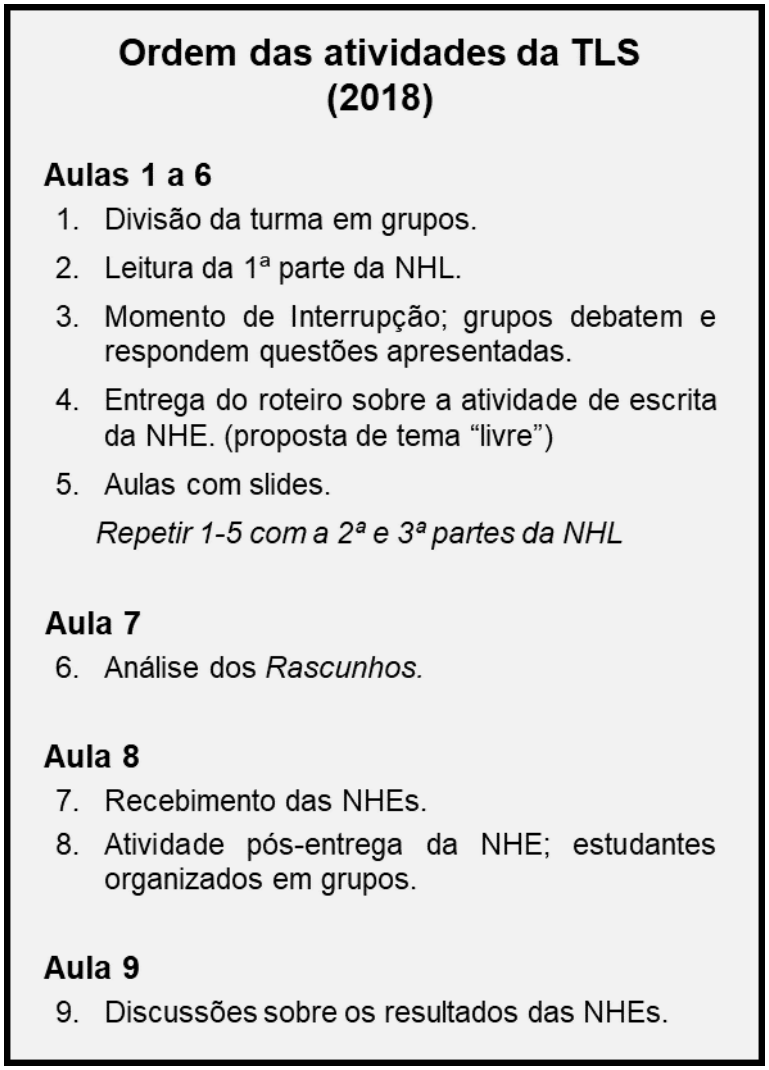
A terceira questão teve um formato quase idêntico à terceira questão da primeira parte dessa atividade. Ela teve como objetivo levantar, que questões sobre a ciência poderiam surgir da NHE lida. No resultado das duas questões teríamos, para cada NHE, as opiniões do grupo que a escreveu e do grupo que a estava lendo.

É interessante reconhecer que, nesse momento, cada grupo já havia passado pela escrita da NHE. Então, esperamos que a leitura da NHE e as discussões a partir dessa

leitura seriam potencializadas, diante do reconhecimento do trabalho que o outro grupo teve ao escrevê-la, e pelo fato de estarem analisando um trabalho produzido por colegas.

Resumindo, com essa atividade buscamos inspirar discussões sobre a ciência entre os estudantes, a partir de duas NHEs. Além disso, objetivamos levantar, sobre cada NHE, dados sobre seu processo de escrita, sobre os interesses, dúvidas e dificuldades que ela produziu e sobre que discussões sobre a ciência que ela possibilitou.

Para facilitar o entendimento, criamos um diagrama que resume as estratégias criadas para a TLS de 2018.



Esquema de aulas da TLS 2018

6.3 – Implementação

A TLS de 2018 foi realizada na mesma instituição de ensino integrado de 2015 e 2016, mas implementada apenas com uma turma somente: o 2° ano do curso de Turismo. Como nos outros anos, durante o 1° e o 2° bimestres do ano letivo, o professor utilizou do aporte histórico contextual nas suas aulas de Física. Essas informações são relevantes para nossa pesquisa, pois os estudantes iniciam a TLS, no 3° bimestre do ano letivo, com alguns meses de aulas inspiradas em uma abordagem histórico-contextual e já tendo ouvido de seus colegas mais velhos sobre as atividades com a NHL e a NHE. Não tivemos como objetivo estudar quais expectativas os estudantes têm no início da TLS, mas temos no registro do professor que os estudantes ouviram falar que a atividade com a NHE era muito trabalhosa e que eles teriam que "escrever muito" (fala registrada em conversas com alguns estudantes do 2° ano).

Assim, iniciou-se a TLS com a entrega da NHL. Foi pedido que os estudantes, divididos nos grupos que iriam produzir a NHE, levantassem, após a leitura silenciosa da NHL, dúvidas sobre o texto. O professor recolheu as dúvidas registradas, enquanto os estudantes liam e respondiam as questões do MI. Durante esse momento, o professor andou pela sala de aula, se mostrando à disposição dos estudantes.

A 1ª parte da NHL e seu MI tomaram 50 minutos de aula. Nesse mesmo dia, o professor enviou o *Roteiro* para a turma, sugerindo sua leitura para o próximo encontro. Na aula seguinte, ele começou a aula explicando o *Roteiro*, detalhadamente, como em 2016[16]. O trabalho com a 2ª parte da NHL foi idêntico ao da 1ª parte.

Assim, foram encerradas as atividades com a NHL e, na aula seguinte, iniciou-se as *Aulas com slides*. Foram utilizados os mesmos slides de 2016. A turma foi participativa e houve constantes manifestações dos estudantes durante os slides. O professor reconheceu que sentia domínio em ministrar essa atividade, levantando questões e guiando discussões a partir dos slides e dos comentários e dúvidas de estudantes.

[16] A grade horária de aulas com a turma foi construída de forma que o professor tinha, em um dia, um tempo de aula (50 minutos) e, em outro dia da semana, dois tempos de aula (100 minutos).

Após as semanas de realização das *Aulas com slides*, os estudantes apresentaram os rascunhos de suas NHE em sala de aula ao professor. O professor discutiu com cada grupo, em sala, os caminhos pensados pelos estudantes para a NHE. Em todos os grupos, houve discussões que orientaram os estudantes na decisão do tema, na pesquisa e que estimularam a construção de ferramentas literárias para a NHE, como será discutido na *avaliação*.

Nas aulas seguintes, que tomaram quase duas semanas, foram desenvolvidas atividades para estudar o conceito de *quantidade de movimento* e *vis viva*, através da análise matemática e operacional do primeiro conceito. Durante essas aulas, os estudantes consultaram, esporadicamente, dentro e fora de sala de aula, o professor para tirar dúvidas e buscar orientação no desenvolvimento da NHE.

Em seguida, as NHEs foram entregues no prazo apresentado no *Roteiro* e o professor as avaliou em menos de uma semana. O número máximo de páginas estava sugerido no *Roteiro* como entre 3 e 5, mas semelhante a 2015 e 2016, os estudantes passaram do limite. Apresentamos o número de páginas da NHE de cada grupo e um breve resumo dos temas de cada NHE, para facilitar a identificação:

Grupo 1 (7 páginas): Vinda de Marie Curie ao Brasil.
Grupo 2 (11 páginas): Estudos de Rosalind Franklin sobre estrutura do DNA e RNA.
Grupo 3 (7 páginas): Pesquisas de Mary Anning na paleontologia.
Grupo 4 (34 páginas): Troca de cartas entre Newton e Huygens sobre a natureza da luz.
Grupo 5 (13 páginas): Pesquisas de Lise Meitner sobre a fissão nuclear.
Grupo 6 (16 páginas). Identificação e coleta das células HeLa[17].

A avaliação das NHE foi enviada aos grupos por e-mail, utilizando o programa *Word* para tecer comentários e destacar críticas. Foi, também, enviado aos grupos as três primeiras questões da atividade pós-entrega da NHE, que deveriam ser respondidas até a aula seguinte.

[17] Reconhecemos que as outras cinco NHEs estão sendo resumidas a partir do nome de um ou dois personagens relevantes, mais o conteúdo científico mais relevante pesquisado. Isso não teve como motivação entendermos as NHEs como uma produção que deve ter caráter personalista, isto é, focada em personagens. A razão vem do fato de que a NHE do grupo F teve três personagens centrais, não muito reconhecidos no Ensino de Ciências e, assim, seu tema é mais facilmente resumido na identificação e estudo das células HeLa.

Na aula seguinte, os grupos foram organizados, as respostas das questões recolhidas e outras três questões foram entregues a cada grupo, junto com uma das NHE, escolhidas aleatoriamente. Os grupos deveriam ter uma hora e quarenta minutos para ler a NHE recebida e responder as questões. Entretanto, a turma foi solicitada por outro professor antes dessa atividade e o resultado foi um atraso de 30 minutos para a turma chegar em sala, sem o conhecimento do professor que aplicou a TLS.

O professor esteve disponível durante a atividade e, praticamente, não foi consultado. Apesar de algumas NHEs tomarem mais tempo para ler do que outras, todos os questionários foram entregues respondidos dentro do tempo.

Nas últimas três aulas do bimestre letivo, o professor teve pouco tempo para levantar discussões sobre os resultados das NHEs e da última atividade da TLS. Em, aproximadamente, 30 minutos, o professor e a turma conversaram sobre os temas das seis NHEs produzidas, sobre o processo da NHE, os resultados finais e sobre como foi ler outra NHE.

6.4 – Avaliação

Nessa seção, serão apresentados os resultados da análise realizada sobre os dados coletados na TLS de 2018, que representa a última etapa da DBR. Diante da boa relação desenvolvida com as outras turmas durante esses três anos, o professor já estava confortável para atuar nessa turma e desenvolveu uma boa relação com os estudantes desde o início do ano. Além disso, relembrando que essa seria a terceira vez que o professor estaria aplicando a TLS, reconhecemos que as condições iniciais para a *implementação* da TLS foram positivas.

Também foi identificado durante o primeiro semestre de 2018 que muitos estudantes ali apresentavam interesse na leitura de livros e em disciplinas da área de Ciências Humanas, e muitos estavam engajados com coletivos como o negro, o feminista, ou movimentos LGBTQ+. Assim, era comum o professor identificar estudantes dessa turma participando de atividades nesses coletivos pelo campus da instituição.

Muitas vezes, os temas de discussão desses coletivos eram trazidos para dentro de sala de aula pelos estudantes. O professor também identificou que esse engajamento trouxe repercussões a nível pessoal como, por exemplo, uma aluna se sentir à vontade para revelar sua opção sexual, durante um intervalo entre as aulas. Isso foi entendido como uma característica positiva da turma, uma evidência indicando alguns interesses, valores e a relação interpessoal entre os estudantes e foi relevante para a análise dos dados. Também devemos relembrar que, no ano de 2018, durante a TLS, ocorreu a campanha eleitoral dos candidatos à presidência do país, que culminaria, em outubro (no final da TLS), com a eleição do candidato do PSL, Jair Bolsonaro.

Definido alguns elementos do contexto no qual a TLS foi realizada, será apresentada a análise dos dados. Como em 2016, apresentamos a análise a partir das etapas da TLS e, ao término, apresentamos comentários gerais sobre a avaliação e, logo, sobre a TLS.

Leitura da NHL

Durante a leitura da NHL, os estudantes levantaram questões que foram registradas. Destacamos alguns exemplos:

i. *O que é De Casibus Perplexis?*
ii. *Como termina a história do almoço com o barão?*
iii. *Depois de quanto tempo, mais ou menos, depois de ter mudado de universidade ele conseguiu o título de Doutor em Direito? Não faz sentido ele ser "jovem demais" para defender sua dissertação em uma universidade e em outra não!*
iv. *Por que o conhecimento obtido por meio de estudos literários é o método mais valorizado na nossa sociedade?*
v. *Como podemos ter certeza que o que fazemos pode beneficiar alguém? O que é, realmente, um benefício?*
vi. *Por que a religião exercia tanta influência na política e no curso de Direito?*
vii. *O sistema jurídico e as leis em vigor na época teriam problemas por qual motivo? As mudanças propostas dariam base para a atual configuração jurídica da Alemanha? Quais eram os pensadores que detinham destaque no Direito naquela época?*

viii. *Tivemos dúvidas sobre: o julgamento de capacidade de uma pessoa por sua idade, não pelo seu potencial. A união entre a política e a religião, entrelaçadas no domínio do Estado. Sentimentos de ansiedade e medo presentes nos jovens, mediante situações de estresse e pensamentos pessimistas (como uma possível falha). Cargos adquiridos através de contatos e não por mérito próprio.*

ix. *Por que ele (*Leibniz*) achava que podia beneficiar a humanidade e como ele pretendia fazer isso?*

x. *O que leva uma pessoa, por mais confiante e "estudada" que seja, a ser consumida pela ansiedade?*

xi. *Será que seu (*de Leibniz) *amor pelos livros provinha apenas de incentivos de seu pai e sua biblioteca ou será que havia algo a mais?*

xii. *Será que a reunião com o barão e arcebispo eram para impressionar somente a eles ou a si mesmo? O que eram as cartas e rascunhos de seu pai na biblioteca, ocultos?*

xiii. *O que significa quantidade de movimento, referencial confiável e medida do movimento?*

xiv. *Como ele termina a carta? E qual é a resposta que Huygens dá a ele?*

xv. *Leibniz continuou com seu trabalho como embaixador? Ou ele foi aceito em alguma academia?*

A maior parte das dúvidas levantadas foram associadas a "não-ditos" (Klassem, 2009a) da NHL. Por exemplo, o início da NHL apresenta poucas informações sobre a formação acadêmica de Leibniz e destaca seu nervosismo para com o almoço com um Barão e um Arcebispo, deixando a entender que ele tinha motivos pessoais com esse evento. Além disso, na 2ª parte da NHL, Leibniz não termina a carta que está escrevendo para Huygens, o que gerou perguntas sobre o futuro da carta e a resposta a ela. Assim, esse resultado ressoa com os dados de 2015 e 2016, ao destacar o potencial dos "não-ditos" em levantar questões.

Comparando com 2015 e 2016, foram identificadas mais questões de caráter filosófico (iv, v, viii, x), ético (viii), político (vii, viii) e religioso (vi, viii) daquele contexto histórico. A proposta de levantar questões foi potencializada pelos interesses da turma pela área das ciências humanas e pelo engajamento da mesma com questões de

minorias, identificadas anteriormente pelo professor. Assim, essa atividade se mostrou eficaz no desenvolvimento do *interesse situacional* sobre a atividade e sobre o tema da NHL.

Momentos de Interrupção

Em seguida, foram realizados os MIs de cada parte da NHL. Algumas das respostas dos estudantes nos dois MIs trouxeram questões interessantes para a TLS. Alguns exemplos serão apresentados. Para isso, voltamos a destacar as questões do 1° e 2° MIs, que não foram modificadas de 2016, para facilitar a leitura:

2018 – 1° Momento de Interrupção

I. Como o ato de ler, a leitura, influencia a vida de alguém? E na escolha da sua profissão?

II. É possível acharmos relações entre áreas consideradas distintas, como o Direito e a Física (ou Filosofia, Teologia, Biologia, Química,...)? Que relações? Deem dois exemplos da influência de uma área do conhecimento em outra e os expliquem.

2018 – 2° Momento de Interrupção

I. Como você acha que ocorre o trabalho de um cientista, hoje? Tentem se imaginar um cientista em formação ou já atuante e descrever o maior número de etapas, com detalhes, de como ocorre os seguintes processos na vida profissional de um cientista:

a) Da formação acadêmica à contratação como cientista.

b) O dia a dia do trabalho como pesquisador (descrevam um dia comum e algumas etapas de longo prazo).

II. Podemos dizer que os filósofos naturais (ou os cientistas de hoje) trabalham isoladamente? Qual é o papel do indivíduo e qual é o do coletivo?

III. Ainda pensando na questão acima, qual é a importância de instituições científicas para o desenvolvimento de conhecimento científico? Elas existem ainda hoje? Você saberia citar uma delas? *(pensem se o cientista trabalha sozinho; se o conhecimento é construído isoladamente, sem comparações, críticas, avaliações por outros; qual é o papel do indivíduo no processo e qual é o do coletivo; como chega-se à conclusão de que um trabalho está "certo", aceito; podemos dizer que chega-se à verdade?).*

Em seus registros, o professor classificou os seis grupos de estudantes com os números 1, 2, até 6, então essa classificação será utilizada aqui para discriminar cada grupo. Para a 1ª questão do 1° MI, destacamos as respostas (sublinhados nossos).

> *Ela* [a leitura] *também pode ser uma fuga para a realidade, pois na troca de pensamentos que há <u>entre o leitor e o livro</u>, o leitor é capaz de encontrar respostas de questionamentos interiores.* (grupo 2).

> *Nos influencia a ver outras perspectivas, visão de mundo, opiniões diferentes, além disso nos inspira de variados modos, como a empatia (dependendo da situação da pessoa). Ex: Em uma pesquisa realizada com pessoas que leram <u>Harry Poter (livro)</u> e não o leram durante a infância para ver o impacto disso em suas mentes. As que leram desenvolveram empatia, pois puderam se identificar com as minorias.* (grupo 3)

> *O ato de ler influencia a busca por conhecimento de outras formas de se enxergar o mundo, tendo em vista os diferentes pensamentos e vivências <u>de cada escritor</u>. Isso beneficia o entendimento das relações humanas, pois as pessoas que leem possuem a oportunidade de compreender a realidade de outras. A leitura também proporciona um melhor entendimento do vocabulário de uma língua, pois a pessoa passa a possuir contato com a cultura e o contexto em que o texto foi feito.* (grupo 4)

> *O primeiro exemplo seria em relação ao refúgio pessoal que a leitura pode proporcionar, trazendo uma fuga da realidade perante aflições do cotidiano. O segundo exemplo seria na área profissional, visto que a leitura pode ampliar e capacitar seus conhecimentos no seu ofício, <u>incentivando o ingresso em possíveis cursos relacionados à leitura</u>.* (grupo 5)

Semelhante a 2016, os estudantes apontaram somente benefícios na prática da leitura. Entretanto, o que nos chamou a atenção é o entendimento do termo "leitura" somente relacionado à prática de ler livros, como sublinhamos nas respostas acima. Após ler essas respostas, o professor pôde discutir com os estudantes, em aulas seguintes, sobre a importância da prática de leitura em outras fontes e mídias, como e-mails, cartas, revistas, artigos científicos, posts em redes sociais, manuais técnicos, documentos, textos jurídicos, entre outros.

Na questão seguinte, os grupos trouxeram como exemplos de relações entre áreas de conhecimento: Arqueologia, História e Sociologia (2 grupos), Matemática e Física (2 grupos), Teologia, Filosofia e Física, Direito e Filosofia, e Relações Internacionais com História, Geografia, Economia e Línguas.

Os resultados dessa questão possibilitaram ao professor, na aula seguinte, compartilhar essas respostas com a turma e descobrir que os dois grupos que exemplificaram a relação entre Arqueologia, História e Sociologia se inspiraram nas aulas de Geografia que a turma teve no bimestre anterior. Além disso, ele descobriu que os estudantes também comentavam sobre as atividades com a NHL com o professor de Geografia.

Agora, exemplos de respostas às questões do 2° MI serão apresentados. Para a primeira questão, apresentamos três exemplos:

> *Um pesquisador está a maior parte do tempo fazendo anotações, testando ideias, usando o laboratório ou o meio ambiente dependendo da sua área, estudando e tendo pouco tempo para necessidades básicas biológicas.* (grupo 3)

> *A vida de um cientista em pesquisa é muito agitada, seguindo etapas como: primeiro, se deve ter contato com o que ela vai estudar, sendo por meio de outras pessoas ou pesquisas anteriores, ou até algo que possa ter encontrado sem querer e queira saber mais sobre. Em seguida, é preciso ter foco para sugerir hipóteses, o que leva tempo de vida da pesquisadora, tendo que dedicar praticamente todo seu dia. Na próxima etapa, ela já consegue perceber melhor como o seu objeto de estudo funciona a partir de estudos mais detalhados, iniciando a pesquisa para chegar a algum resultado e, assim surgem os experimentos, levando ainda mais tempo da vida da pesquisadora, podendo levar de meses a anos de dedicação ao seu estudo. Ao final de sua pesquisa, a pesquisadora precisa concluir seus pensamentos e passa-los de maneira explícita, o que leva à total atenção. Além disso, pode-se debater com outros cientistas a fim de cobrir todas as dúvidas.* (grupo 4)

> *O dia a dia de um cientista reflete a etapa em que este se encontra em sua pesquisa. Em um primeiro momento, é preciso que seja manifestado o interesse por alguma temática, que culmina em pesquisas aprofundadas, gerando questionamentos. A*

partir daí, serão levantadas hipóteses que serão testadas a fim de comprovar sua veracidade ou não. (grupo 5)

Foram sublinhados trechos nas respostas acima que chamaram a atenção do professor e que possibilitaram discussões durante a TLS, sobre temas distintos. Primeiro, encontramos trechos na segunda e terceira respostas que parecem indicar o reconhecimento da necessidade para um(a) cientista de estar atualizado(a) com a literatura da sua área de pesquisa e atuante na comunidade científica: [...] *se deve ter contato com o que ela vai estudar, sendo por meio de outras pessoas ou pesquisas anteriores; a pesquisadora precisa concluir seus pensamentos e passa-los de maneira explícita; pode-se debater com outros cientistas a fim de cobrir todas as dúvidas.*

Além disso, identificamos trechos que ilustram a opinião dos estudantes sobre que práticas ou métodos são realizados por cientistas, como em: *anotações, testando ideias, usando o laboratório ou o meio ambiente dependendo da sua área; assim surgem os experimentos;* e *A partir daí, serão levantadas hipóteses que serão testadas a fim de comprovar sua veracidade ou não.* Nos trechos destacados, encontramos evidências os estudantes entendem que a prática científica é definida pelo que é chamado de "método científico", através do levantamento de hipóteses, teste dessas hipóteses e confirmação de resultados para construir conhecimento.

Conversando com a turma, o professor descobriu que o professor de Biologia deles ressaltava o "método científico" como característica da ciência. Não foi objetivo da DBR analisar essa opinião dos estudantes, mas essa informação orientou a prática do professor em sala de aula, buscando destacar, nas práticas científicas do recorte histórico estudado, a ausência de um método único e universal, sem desmerecer a produção científica da época.

Em terceiro lugar, semelhante à implementação do ano de 2016, encontramos trechos onde os estudantes parecem entender que a carreira científica é muito desgastante: [...] *estudando e tendo pouco tempo para necessidades básicas biológicas; A vida de um cientista em pesquisa é muito agitada; tendo que dedicar praticamente todo seu dia;* e *[...] levando ainda mais tempo da vida da pesquisadora*.

Como comentário final, achamos interessante que o segundo grupo destacado (D) utilizou o termo *pesquisadora* em sua resposta. Isso reforçou nosso reconhecimento do contexto escolar, já apresentado, e da importância de questões sociais de gênero e de

minorias para esses estudantes. Isso foi reforçado quando encontramos, em quatro das seis NHEs produzidas, a escolha de temas relacionados à presença feminina na ciência.

A segunda pergunta do 2° MI questionou os estudantes sobre quando um cientista trabalha sozinho e quando ele trabalha em conjunto, em comunidade. Para essa pergunta, destacamos duas respostas:

> *Ao trabalhar sozinho, o trabalho é multiplicado e se torna um desafio por ser uma única pessoa fazendo todas as etapas do estudo, desde a elaboração da hipótese à conclusão. Já quando o trabalho é feito coletivamente, há uma facilidade na divisão de etapas, além de um debate constante sobre as dúvidas do decorrer do trabalho e, também, ter um outro ponto de vista sobre a pesquisa* (grupo 4)

> *Partindo do princípio que a ideia inicial pode surgir individualmente, o cientista realiza as etapas supracitadas* (descritas na resposta da primeira questão). *A influência do trabalho em conjunto é notada quando o pesquisador adquire e usufrui de estudos e/ou experimentos provenientes de outros cientistas.* (grupo 5)

Nessas respostas, encontramos trechos indicando que, para alguns estudantes, é possível um cientista trabalhar sozinho, mas entendem que o trabalho coletivo é um modo de facilitar ou acelerar a produção científica. Isso não significa que temos como objetivo os estudantes afirmarem que o conhecimento científico só é construído coletivamente, mas que o reconhecimento do caráter social não seja feito a partir de uma interpretação originada do "senso comum" de que qualquer trabalho coletivo deve ser melhor que o individual.

A última pergunta do 2° MI tratou do tema "instituições científicas" e seu papel na ciência. Novamente, registramos três respostas:

> *É importante para apoiar, investir, reunir e apresentar os pesquisadores. As instituições científicas ainda existem hoje, como a FIOCRUZ.* (grupo 3)

> *Nas instituições científicas é onde você pode desenvolver seus trabalhos e entrar em contato com outras pesquisas que podem complementar ou refutar a sua, te levando a refletir mais sobre seu próprio trabalho. Além disso, você pode ter contato com outros pesquisadores e suas opiniões sobre sua pesquisa, ajudando-o no trabalho. Portanto,*

> *as instituições são fundamentais na produção do conhecimento científico, pois é onde você pode estudar as pesquisas a fundo não só sozinho, mas em conjunto. As instituições existem ainda hoje e continuam essenciais. Uma delas que existe há muito tempo é a Royal Society, por onde passaram diversos nomes importantes da ciência.* (grupo 4)

> *Apesar de não ter muitos auxílios governamentais – bolsas científicas, etc. – essas instituições existem e são importantes ao promover trabalhos científicos em geral. Alguns exemplos são a UFRJ, FIOCRUZ e UFF.* (grupo 5)

As respostas acima indicam que os estudantes reconhecem a existência de instituições científicas, mas parecem entender que elas servem como auxiliares à pesquisa. Retomando as respostas das questões anteriores a essa, entendemos que o trabalho coletivo na ciência é reconhecido pelos estudantes, mas unicamente, como forma a potencializar a produção científica, já que no coletivo "se faz mais".

Entretanto, não encontramos em nenhuma das respostas dos dois MIs indícios de que ciência só é feita coletivamente, não somente no que se refere à atualização de um cientista sobre outros trabalhos, mas também em outras práticas científicas, como participação de grupos de pesquisa, publicação em periódicos ou idas a congressos. Essas respostas orientaram o professor na realização das *Aulas com slides*.

Importante ainda destacar que os resultados da implementação de 2018, relativas ao MI, indicam ser esse um momento fundamental na TLS. Ao longo do MI, o professor consegue melhor identificar como os alunos compreendem as questões apresentadas no texto, em nosso caso, questões relativas à prática científica, possibilitando-o construir novas questões a serem apresentadas aos estudantes ao longo da TLS. Além disso, essa atividade destacou pontos que para os quais os estudantes deram importância e, logo, puderam ser estímulos para o desenvolvimento de *interesse situacional*, e isso permitiu que o professor, nas *Aulas com Slides*, enfatize mais ou menos determinados aspectos do episódio histórico estudado.

Aulas com slides

Serão retiradas algumas impressões que o professor registrou em seu diário de campo sobre as *Aulas com slides*. Primeiro, ele relata que sentiu domínio ao levantar

discussões a partir de todos os slides (relembrando que ele também os utilizou em 2017).

No slide que mostrava uma imagem de um jardim botânico da família Brunswick, os estudantes se interessaram sobre o custeio de criação de um ambiente "tão grande" e sobre a produção de imagens de plantas e flores por mulheres. Eles perguntaram ao professor se ele sabia algum nome de alguma ilustradora da época e ele desconhecia. Da mesma forma, os estudantes se impressionaram com o tamanho da casa de Leibniz, considerando a arquitetura da época.

Ao apresentar o slide com a sequência de datas importantes para a Royal Society, foram feitas perguntas, principalmente, sobre três pontos. Um estudante perguntou que direitos a instituição adquiriu com a carta Real de Carlos II e o que significava ela ganhar o direito de "decidir sobre o que pesquisar", como o professor colocou em sala.

Sobre o segundo ponto, a imagem da pulga presente no trabalho de Robert Hooke Micrographia, uma estudante perguntou quem havia feito aquele desenho. A utilização de lentes para ampliação de insetos também pareceu gerar interesse, pela reação dos estudantes.

O terceiro ponto que chamou a atenção em sala de aula foi a publicação de um trabalho por uma mulher na Philosophical Transactions, somente em 1787. Em 2016, o professor não soube responder quem havia sido essa mulher, mas ao ser questionado em 2018, ele já havia pesquisado que fora Caroline Herschel (1750-1848). Assim, ele explicou aos estudantes que ela publicou sobre a identificação de um novo cometa, numa época em que mulheres não tinham o direito de serem membros da Royal Society. Ao fim, o professor mencionou que Caroline era, muitas vezes, reconhecida pelo trabalho de seu irmão, William Herschel (1738-1822), mas fez isso de forma provocativa e reconheceu a reação de alguns estudantes.

Nos slides em que a ida de Leibniz para Paris e o seu ingresso na vida científica europeia foram discutidos, o professor retomou questões debatidas entre os estudantes no MI. Primeiro, ele destacou a importância de Leibniz ter acesso a textos acadêmicos produzidos por membros de diferentes instituições científicas. Além disso, ele destacou o ingresso de Leibniz na República das Letras e, assim, a importância da troca de cartas com outros filósofos naturais do século XVIII. Em ambas as discussões, foi explicitada

a importância do ler e escrever na produção científica daquele século, não somente de livros, mas de trabalhos acadêmicos e cartas.

Ainda durante os slides que traziam informações sobre Leibniz, foram destacadas algumas relações entre áreas de conhecimento, como entre a Física, a Matemática e a Filosofia, no momento em que as discussões acerca da crítica de Leibniz sobre a *quantidade de movimento* de Huygens foram realizadas. Isso também foi realizado no momento em que a controvérsia do Cálculo Diferencial foi apresentada, enquanto o professor trazia uma análise superficial da diferença entre os fundamentos do Cálculo construído por Leibniz e por Newton.

Não encontramos indícios de que foram realizadas discussões nas *Aulas com Slides* sobre outras questões presentes no MI. Por exemplo, não foi discutida a existência de um método científico universal. Além disso, o professor não discutiu em sala as opiniões registradas durante o MI sobre o cientista ser uma profissão desgastante.

Ainda assim, os slides possibilitaram ao professor discutir a formação de instituições científicas e a importância de ser um membro dessas instituições e da República das Letras na produção científica do século XVII e XVIII. Por fim, ao discutir a rede de troca de cartas, os estudantes mostraram interesse na pouca participação feminina, perguntando quem eram certos rostos de mulheres que estavam representados no diagrama de slide [18].

A partir dos dados de 2018, que reforçam a interpretação dos resultados de 2016 e 2015, entendemos que a utilização de imagens históricas nos slides potencializa o estudo histórico feito em sala de aula e possibilitam ao professor problematizar as práticas científicas e gerar discussões sobre a ciência. Em seguida, analisamos as atividades realizadas a partir da entrega do *Roteiro*.

Roteiro

Semelhante à implementação do ano de 2016, os estudantes se esforçam para entender a proposta de escrita da NHE. O *Roteiro* se mostrou eficaz para esse objetivo, considerando que o professor o explicou em sala com calma. Podemos destacar uma observação, pertinente desde 2015: em todos os anos de aplicação da TLS, os estudantes

[18] Figura IX, apresentada na sessão Modificações nas Aulas com Slides, no Capítulo 5.

ultrapassaram o limite de páginas estabelecido no *Roteiro*. A cada ano, as NHE foram produzidas com o número de páginas maior.

Entendemos que isso é um resultado da própria complexidade da construção da NHE e de que a definição do limite de páginas no *Roteiro* como sendo entre duas e quatro não foi o suficiente para a maior parte de todos os estudantes, quando eles buscaram explorar o caráter literário da NHE. E isso é complementado pelo fato de que, quando um grupo explora a questão literária, eles encontram mais conteúdo científico para ser trazido, e assim por diante, num processo que parece se retroalimentar. Isto é, durante a pesquisa, enquanto eles encontram informações de caráter científico, eles precisam buscar mais informações biográficas ou contextuais para articular, e vice-versa. Uma fala de um estudante, registrada em sala de aula, resume a impressão do professor:

> *Conversando entre nós vimos que há uma preferência entre cada aluno em relação a qual parte gostam mais de escrever, uns preferem a parte histórica e outros a científica, então por ter, na maioria das vezes, um maior aprofundamento na parte de detalhes históricos, a narrativa ficava bem grande no final.*

Além disso, Hidi e Renninger (2006, p. 115) sugerem que, em atividades onde há um caráter criativo e desafios pessoais dos estudantes, quando a produção dos estudantes excede o delimitado, isso é um indício de um *interesse individual* sendo desenvolvido pelo tema de estudo. Diante do engajamento dos estudantes em todos os anos da DBR e da dificuldade que eles relatavam em articular a pesquisa científica com a histórica, o professor decidiu não repreender os grupos em relação ao número de páginas. Ainda assim, manteve o limite de páginas sugerido no *Roteiro*, para dar uma referência aos estudantes de tamanho da NHE.

O Rascunho da NHE

Nessa seção, apresentamos a análise dos dados da pesquisa obtidos a partir da construção de um rascunho, por parte dos estudantes, antes da produção da NHE propriamente dita. Considerando que essa foi uma mudança na TLS com vistas a potencializar a escrita da NH por parte dos estudantes, apresentaremos os resultados obtidos com os rascunhos de cada um dos grupos.

O grupo 1 apresentou ao professor a temática pela qual eles haviam desenvolvido interesse e, em linhas gerais, a sequência de eventos escolhida para a NHE. Os integrantes escolheram como evento da NHE a vinda ao Brasil da cientista polonesa Marie Curie (1867-1934), em 1926. Ao questionamento do professor do motivo da escolha desse tema, os estudantes do grupo responderam que eles queriam saber mais sobre essa cientista "tão famosa", pelo fato de ela ser uma mulher dentre tantos homens cientistas e pelo fato deles terem descoberto há pouco que ela havia visitado o Brasil.

Esse grupo não apresentou ao professor ideias a respeito do aspecto literário da NHE, isto é, a pesquisa realizada pelos integrantes do grupo não os inspirou a construir um rascunho de como eles planejavam criar a NHE. Além da escolha da personagem central e do cenário onde se passaria, o grupo não imaginou nenhuma outra ferramenta literária ou questões sobre a ciência eles desejavam trazer no texto.

Seria possível inferir que, na escolha do tema, o grupo buscava escrever sobre o caráter social da ciência, sobre a comunicação e viagens para universidades ou congressos ou sobre a presença de mulheres na ciência. Entretanto, ao serem perguntados sobre que questões sobre a ciência eles queriam explorar, o grupo somente explicitou o interesse em pesquisar sobre uma cientista mulher. Esse grupo não entregou um rascunho escrito ao professor.

O professor na interação com o grupo apresentou alguns dados sobre o trabalho de Marie Curie sobre radiação, sobre a identificação de elementos radioativos e instruiu os estudantes a procurarem websites de universidades brasileiras e artigos em periódicos nacionais ao pesquisarem sobre o tema. Em todos os grupos, o professor sugeriu a pesquisa em artigos e periódicos nacionais e internacionais, que isso não era condição necessária à atividade.

O professor também sugeriu, a todos os grupos, que atentassem às fontes utilizadas, no sentido de reconhecerem que seria possível encontrar diferentes leituras sobre o mesmo tema ou recorte histórico. Assim, ele buscou chamar a atenção dos estudantes à importância da historiografia e à multiplicidade de leituras históricas para qualquer tema de pesquisa.

No grupo 2, foi apresentado o tema escolhido e uma estrutura provisória para a NHE. O tema escolhido foi o trabalho de Rosalind Franklin (1920-1958) sobre as

estruturas moleculares de DNA e RNA. O grupo havia pesquisado sobre seu trabalho em cristalografia de raios X, sua parceria com Maurice Wilkins (1916-2004) e sobre a pesquisa de James Watson (1928-) e Francis Crick (1916-2004). Nesse estudo inicial, eles encontraram fontes que indicavam que o trabalho de Rosalind fora "roubado" por Wilkins e não creditado por Watson e Crick e, segundo eles, isso se tornou uma motivação para a escolha do tema. O rascunho com as ideias do grupo foi entregue ao professor:

A história se inicia com um trecho do que seria um texto de um livro de biologia onde um de seus capítulos fala sobre Mendel, Darwin e a relação entre suas pesquisas. Ambos trabalharam no ramo da biologia, evolução e hereditariedade. Foram alguns dos pioneiros e são bastante conhecidos. O grupo achou interessante pois Darwin e Mendel trabalharam com experimentos como método de avaliação e seus experimentos se relacionam com a Dupla Hélice. Os cromossomos, por exemplo, obedecem às Leis de Mendel. Um trecho do livro estaria sendo lido por Watson e por Crick.

- Mostraremos, com isso, que 1) a ciência e as ideias "atravessam" o tempo, 2) que os cientistas se baseiam, leem e estudam as pesquisas uns dos outros para formular as suas próprias. Mostraremos, também, que 3) a verdade não é absoluta e a realidade nem sempre é só que enxergamos, questões estas que foram abordadas em sala. A visão que Mendel e Darwin tinham de hereditariedade e evolução era "rasa" se comparado à profundidade que o estudo da Dupla Hélice atinge, e nem por isso, Mendel ou Darwin têm seu estudo invalidado.

- Certamente, poderia se observar também 4) como os cientistas complementam as pesquisas um dos outros, refutam ideias, discutem e tudo o mais. Ou seja, nenhum cientista trabalha sozinho. Ainda veríamos que Watson e Crick são, por si só, uma dupla mas também há estudos individuais. A questão da comunicação seria bastante colocada em pauta. Isso poderia ser mostrado com ambos fazendo comentários que mostrariam como a visão de Mendel e Darwin poderiam ser mais amplas, comentários que complementariam as ideias após a leitura do trecho de biologia, além de que a própria leitura do artigo de cientistas mais antigos já mostra uma comunicação de ideias. Darwin e Mendel, além disso, também tiveram comunicação durante seus estudos.

- O grupo ainda não decidiu onde a história se passaria em termos de país, cidade e tudo o mais. Já a ambientação em si, certamente se passaria em bibliotecas, laboratório e relacionados.

Identificamos, no segundo parágrafo do rascunho, que o grupo buscou trazer questões debatidas anteriormente em sala de aula e buscaram produzir a NHE com o objetivo de destacar as quatro características sobre a ciência destacadas pelos estudantes. Foi sugerido ao grupo que atentassem às práticas cotidianas desses cientistas, aproveitando o cenário do laboratório para pesquisarem sobre as práticas experimentais e sociais presentes naquele contexto. Além disso, foi sugerido que eles buscassem pesquisar e levantar informações contextuais sobre o ambiente político da época e sobre qual era a aceitação de mulheres na ciência naquele contexto.

O terceiro grupo trouxe três ideias de temas. Um dos temas estava relacionado ao trabalho de Sigmund Freud (1856-1939) e o desenvolvimento da psicanálise, o segundo traria uma leitura sobre o desenvolvimento do behaviorismo radical por Burrhus Frederic Skinner (1904-1990) e o terceiro tema buscaria analisar a vida e trabalho de Mary Anning (1799-1847) na paleontologia. Foi relatado ao professor que os três temas nasceram de interesses pessoais de três integrantes do grupo.

Foi sugerido ao grupo que escolhessem o terceiro tema, por um único motivo: os dois primeiros temas não se relacionavam a áreas de domínio do professor. A escolha desses temas dificultaria a avaliação da NHE e o levantamento de discussões em sala de aula.

O grupo 4 apresentou um tema de pesquisa e um breve planejamento da estrutura literária da NHE. Os integrantes trouxeram resultados de uma pesquisa inicial em que mostraram interesse pelos personagens de Newton e Huygens e seus estudos em Óptica. Eles encontraram o website que apresenta os resultados do projeto *The Newton Project*[19]. Dessa forma, tiveram acesso as cartas, na íntegra, trocadas entre Newton e Huygens e outros filósofos naturais, que participaram, naquele contexto sociocultural, de discussões sobre a luz, sua natureza e comportamento.

A partir dessas cartas, e inspirados na 2ª parte da NHL, onde Leibniz escrevia uma carta para Huygens, o grupo planejou apresentar algumas das discussões entre os dois personagens realizadas através da troca de cartas e destacar o desenvolvimento da

[19] http://www.newtonproject.ox.ac.uk/

Óptica no século XVII e XVIII. O professor se interessou sobre a escolha do tema e parabenizou o grupo pela pesquisa inicial, mas também destacou a importância do gênero narrativo e, logo, de uma estrutura, cenário e outras ferramentas literárias. Logo, sugeriu que eles pensassem em outras ferramentas literárias como o cenário, a estrutura e a seleção de eventos, para escrever sobre essa troca de cartas. Esse grupo, também, não apresentou um rascunho escrito.

O penúltimo grupo (5) composto por cinco meninas, também, fez uma pesquisa inicial para desenvolver o rascunho da NHE. As integrantes planejaram pesquisar sobre três personagens mulheres que construíram conhecimento científico e não foram muito reconhecidas pela comunidade científica: Hipátia (351/370-415d.C.), Florence Nightingale (1820-1910) e Lise Meitner (1878-1968). Entretanto, como essas personagens não foram contemporâneas, elas tiveram a ideia de trazer uma personagem-narradora inventada para "viajar no tempo" através de seus sonhos, para conversar com as três personagens centrais e discutir o papel da mulher na ciência. As alunas entregaram suas ideias ao professor, registradas num papel:

A história era sobre uma jovem que tinha como sonho se tornar médica para descobrir que doença levou sua mãe a morrer subitamente. Porém, sua família que era da nobreza, se mostrava extremamente contra seu estudo nessa área, querendo que ela se casasse para manter o legado da família. Sem saída, a jovem se vê obrigada a estudar escondida nas noites, se sentindo cada vez mais desmotivada a seguir a carreira.

Um dia, em seu baile de noivado, ela conhece Florence Nightingale que após uma conversa a incentiva a seguir seus sonhos. Nessa mesma noite, após todos terem ido embora, a jovem entra na biblioteca da família e se depara com um fenômeno inusitado. Ela encontra um livro vermelho, aparentemente simples, mas que atrai sua atenção de uma forma inexplicável. Tocando o livro, Kate é lançada a uma misteriosa viagem no tempo na qual mulheres cientistas do passado, presente e futuro revelam suas histórias.

Apesar do professor ter gostado muito da proposta, ele comentou que ela parecia bastante audaciosa. Assim, ele sugeriu que elas começassem a pesquisar sobre uma das três mulheres, realizando uma análise histórica e, em seguida, avaliassem a

possibilidade de expandir a pesquisa para mais duas personagens. Caso o grupo desistisse da escolha por três personagens, as estudantes poderiam ter que repensar e estrutura literária e a "viagem no tempo" da narradora.

Por fim, o último grupo (6) apresentou um tema proposto por três integrantes do grupo. Esses alunos participavam de um grupo de pesquisa, em um projeto de iniciação científica sobre a importância da vacinação, e se depararam durante a realização da pesquisa de iniciação científica com um caso na história da Biologia e trouxeram para a TLS. O caso refere-se à descoberta e cultivo das células imortais HeLA, que foram identificadas e coletadas, sem permissão da família, de uma vítima de câncer cervical, Henrietta Lacks (1920-1951). O grupo apresentou uma pesquisa inicial informando ao professor sobre o caso, sobre as atitudes de alguns cientistas envolvidos no episódio, sobre a coleta, cultivo e distribuição das células sem a permissão da família e da repercussão desse caso, que chegou aos tribunais americanos.

O grupo, no momento da discussão do rascunho, não havia decidido sobre os eventos, a estrutura e o cenário da NHE. O professor perguntou para eles "qual local seria bastante representativo dos eventos que vocês querem explorar, o hospital, a casa da família Lacks, o tribunal?". Nesse momento, o grupo gostou muito da ideia de o tribunal ser um local central para a NHE e, a partir do caso jurídico, dos testemunhos, das evidências e argumentações, eles decidiram construir a NHE. Assim, terminou a aula, após todos os grupos debaterem suas ideias com o professor, levantando questões que poderiam inspirar a NHE.

A atividade rascunho, introduzida no ano de 2018, se mostrou uma atividade importante para a TLS, uma vez que ela incentivou os estudantes a começarem o processo de produção da NHE duas semanas antes da entrega. O debate sobre o rascunho possibilitou discussões entre professor e estudantes sobre o tema escolhido, sobre bibliografia a ser consultada e sobre aspectos literários a serem usados na NHE. A assistência dada pelo professor e o trabalho em grupo potencializaram esse momento no desenvolvimento de *interesse situacional* dos estudantes sobre o tema da NHE (HIDI e RENNINGER, 2006).

A NHE e a Atividade pós-entrega da NHE

As seis questões apresentadas na Atividade pós-entrega da NHE levantaram dados de dois grupos sobre cada NHE: do grupo que a escreveu e de outro que a leu.

Assim, cada NHE inspirou manifestações dos estudantes sobre o processo de escrita e a experiência da sua leitura. Foi decidido que, nessa etapa de avaliação, iríamos juntar os dados referentes a cada NHE e, em função da pergunta de pesquisa e do volume de dados ao avaliarmos todas elas, escolhemos estudar apenas três NHEs. A análise foi feita sobre o texto em si e sobre as manifestações dos dois grupos sobre o mesmo.

Diferente de 2015 e 2016, em 2018 realizamos uma análise das NHEs buscando identificar suas ferramentas literárias e quais práticas científicas os estudantes destacaram. Essa escolha deve-se ao fato de que, em 2018, houve a seleção de temas "livres" e, assim, foi importante buscarmos identificar como essa estratégia potencializou o estudo das práticas científicas com os estudantes.

A escolha das NHEs foi aleatória e as escolhidas foram as dos grupos 2 (Rosalind Franklin), 5 (Lise Meitner) e 6 (células HeLa). A análise será apresentada nessa ordem. Sugerimos, ao leitor, que, antes de ler a análise dos dados, leia a respectiva NHE, tanto para facilitar o acompanhamento da análise dos dados, quanto para desfrutarem da experiência literária produzida pelos estudantes. Organizamos a análise dos dados de forma que, para cada NHE, será apresentado:

a) Uma análise literária, levantando as ferramentas literárias utilizadas pelos estudantes e que indicam o envolvimento dos estudantes na escrita e que definem o grau de narratividade do texto (HERMAN, 2009). Nos inspiramos nos trabalhos de Klassen (2009a) e Froese Klassen (2014) para escolher as ferramentas literárias: *Eventos, Estrutura, Narrador, Cenário, Agentes, Coerência Consequencial e Práticas Científicas*[20].

b) Um levantamento das questões que foram levantadas sobre a ciência a partir da NHE, de acordo com a opinião do grupo que escreveu a NHE sobre essas questões. Em seguida, as comparamos essa opinião com a do grupo que leu a NHE e, também, apontou questões.

Por último, após a análise de cada NHE, articularemos os resultados acima às atividades da TLS, buscando identificar como estas potencializaram as discussões sobre a ciência dentro e fora de sala.

[20] Tradução livre. Os autores utilizam a expressão "Science and Nature of Science Content", mas estamos adaptando para Questões Científicas, visto que não entendemos que há um número limitado e explícito de questões sobre "como a Ciência opera" (Nature of Science) em uma narrativa. Partimos do princípio que a narrativa pode inspirar diversas questões sobre a ciência, de forma histórica e contextual, fundamentada no referencial da História Cultural da Ciência.

6.4.1 – NHE 2 – *A construção do conhecimento científico aplicado à vida e trabalho de Rosalind Franklin*

A NHE produzida pelo grupo 2 foi entregue ao professor em um arquivo PDF contendo 14 páginas. Desconsiderando a capa e as referências utilizadas na pesquisa, a narrativa teve 11 páginas[21], e foi produzida por cinco estudantes. Na pesquisa que inspirou a construção da NHE, os estudantes utilizaram muitas fontes[22] disponíveis on-line, entre elas reportagens de revistas como a *Nature* e jornais como *El País*, entrevistas realizadas por membros de grupos internacionais de pesquisa em História da Ciência (Oral History Collection e Science History Institute) com Donald Caspar (cristalógrafo), artigos científicos nacionais e da revista *Scientiae Studia,* e um *áudio-book* da peça teatral *Photograph 51*, de Anna Ziegler.

A seleção de *eventos* da NHE pode ser resumida da seguinte forma: Rosalind recebe uma carta de John Randall a convidando para trabalhar em um laboratório no King's College, em Londres > Rosalind aceita a proposta e decide sair de Paris e voltar para Londres > Em King's College ela começa a trabalhar com Maurice Wilkins em atividades com as quais, inicialmente, não planejava trabalhar > a personagem principal reconhece que existiam certas diferenças no tratamento com homens e mulheres na instituição, como não existir um banheiro feminino perto do laboratório > Algumas pesquisas de Rosalind e Wilkins são apresentadas pelo narrador impessoal e a relação pessoal conflituosa entre os dois começa a ser mencionada > Rosalind é chamada para dar uma palestra, na qual James Watson está presente > Wilkins vai ao encontro de Watson e, seu parceiro, Francis Crick e entrega resultados de suas pesquisas com Rosalind > Rosalind e Randall recebem a notícia que Watson e Crick apareceram na capa de uma revista científica e que parte do trabalho de Rosalind fora atribuída a eles >

[21] Esse valor foi de acordo com a formatação original, enquanto que, em nossos anexos, a formatação que fizemos deixou cada NHE com um número de páginas reduzido.

[22] Incluímos as referências utilizadas pelos três grupos nos anexos onde encontram-se as NHEs.

São dadas informações sobre as últimas pesquisas de Rosalind e seu falecimento causado por câncer no ovário.

A *estrutura* do texto pode ser definida por alguns elementos (FROESE KLASSEN, 2013). O *narrador* é impessoal, onisciente e não identificado durante todo o texto. Ele não se manifesta durante as situações e diálogos no texto, somente os descrevendo. Ainda assim, supomos que o modo como os eventos são narrados e a escolha das falas dos personagens representam as opiniões dos estudantes acerca das experiências vividas por Rosalind. Isso foi confirmado quando o professor conversou com os estudantes nas atividades seguintes à entrega da NHE.

A *situação inicial* (*setting* em inglês) de Rosalind é apresentada, em Paris e há uma mudança na situação e no *cenário*, com seu aceite para trabalhar em King's College. A narrativa se passa, em sua maioria, no laboratório dessa instituição, onde é desenvolvida uma situação conflituosa, apesar de produtiva, com Wilkins.

No meio da narrativa, é apresentada uma *crise*, com a traição de Wilkins a Rosalind, que culmina no *clímax* do texto: a publicação da revista Nature e a descoberta da traição por Rosalind. Entretanto, os estudantes não apresentaram nenhuma *decisão crítica* da personagem principal e, assim, nenhuma *conclusão* ou *resolução* na narrativa. A NHE encerra-se com a informação biográfica do falecimento de Rosalind e do seu legado, com outras pesquisas sendo desenvolvidas e creditadas às pesquisas da cientista.

Apesar da falta de uma conclusão ou resolução ao fim da narrativa, entendemos que a NHE apresenta uma *coerência consequencial*, pois narra eventos cronológicos que apresentam relações consequenciais, com um início, meio e fim bem definidos. Além disso, os eventos escolhidos são bem narrados, defendendo uma moral da narrativa: apesar de ter realizado uma contribuição à ciência da época, uma cientista mulher parece ter sofrido cotidianamente com o machismo em sua profissão, além de ter seu trabalho "roubado" e não creditado. Ao perguntar qual era a moral do texto para o grupo, em sala de aula, foi confirmada essa motivação, sem o professor ter inferido nenhuma opinião pessoal.

Foram identificados seis *agentes* principais: Rosalind Franklin, Sir John Randall, Maurice Wilkins, James Watson, Francis Crick e Raymond Gosling, que trabalhou no laboratório, supervisionado por Rosalind. Durante o texto, outros nomes de personagens

foram citados, associados à Rosalind pelas suas produções científicas, como Linus Pauling, Rudolf Signer de Berne, John Finch, Aaron Klug e John Bernal.

Assim, interpretamos que o grupo 2 se dedicou ao caráter literário da proposta, apresentando uma estrutura coerente para o texto, momentos dramáticos, um número significativo[23] de personagens relevantes para a seleção de eventos e uma moral central à narrativa. Como resultado, entendemos que a NHE ficou cativante, bem fundamentada em sua pesquisa histórica e que possibilitou ao grupo defender um ponto de vista ético sobre a produção científica.

Em seguida, destacamos as respostas do grupo que escreveu e do grupo que leu a NHE a partir duas questões apresentadas a cada grupo após a entrega da NHE:

> **Para o grupo que escreveu a NHE**
>
> 1. Em relação à pesquisa para escrever a narrativa (ao processo e ao conteúdo histórico e científico):
>
> a) O que mais interessou o grupo?
>
> 3. Que passagens do texto de vocês podem levantar questões sobre como a Ciência é entendida e como ela foi e é construída?
>
> **Para o grupo que leu a NHE**
>
> 1. Identifique, com uma breve descrição abaixo e destacando os respectivos trechos, o que mais interessou o grupo na narrativa lida?
>
> 3. Que passagens do texto vocês destacariam que levantam questões sobre como a Ciência é entendida e como ela foi e é construída?

Entendemos que as respostas registradas pelos estudantes podem não representar os interesses dos dois grupos no tema da NHE. Por um lado, esperamos identificar, nas respostas do grupo que produziu a NHE, algum indício que houve um *interesse individual* no tema selecionado pelo grupo. Enquanto isso, as respostas dos dois grupos serão comparadas, buscando avaliar o interesse do grupo que leu a NHE.

A partir das questões acima, também analisamos quais as práticas científicas que a NHE possibilitou levantar. Para facilitar o entendimento dos dados pelo leitor, construímos uma tabela onde apresentamos as respostas dos estudantes, exatamente como foram registradas. Novas tabelas, como essa, serão apresentadas ao analisarmos as NHE subsequentes.

[23] Aqui entendemos que a NHE destaca a relação entre a personagem principal e outros atores, que foram valorizados em relação à produção científica da época.

NHE 2 – A construção do conhecimento científico aplicado à vida e trabalho de Rosalind Franklin			
O que mais interessou na NHE?		Questões sobre a Ciência levantadas pela NHE	
Grupo que escreveu	Grupo que leu	Grupo que escreveu	Grupo que leu
Como o conhecimento pode ser construído numa dinâmica coletiva e como a comunidade científica é vulnerável às condições histórico-sociais em que estão inseridas.	Gostaríamos de saber mais sobre a aparelhagem de Raio-x mencionada no texto, sobre como ela chegou à universidade, mesmo tendo um pai conservador e como foi descoberto que, na verdade, a Rosalind pesquisou sobre o DNA.	Os trechos em que a metodologia de Rosalind e de Watson e Crick são destacadas como empírica, experimental; o trecho que destaca os três principais laboratórios que trabalhavam com este mesmo tema; e na própria carta de John Randaal (inventada, porém inspirada em outras cartas escritas pelo mesmo) podemos levantar essas questões.	A sociedade científica sempre foi muito machista, chegando a desvalorizar a produção de uma mulher; ocorria muita apropriação de projetos e pesquisas. A ciência também depende do ambiente e das condições financeiras do indivíduo, será que Rosalind faria o que fez se não fosse de uma família influente?

Para facilitar a leitura, nessa análise, chamaremos o grupo que escreveu a NHE de grupo A e o grupo que a leu, de grupo B. O grupo A destacou que se interessou pelo conhecimento científico ser produzido de forma coletiva e como “a comunidade científica é vulnerável às condições histórico-sociais em que estão inseridas”. Entendemos que essa opinião é concordante com nossos objetivos pedagógicos e com nosso referencial da HCC. Por outro lado, o grupo B registrou que seus interesses foram sobre parte do conteúdo tecnológico e sobre aspectos da vida de Rosalind. Esses interesses apontam para as questões humanas na NHE, especificamente sobre a presença de mulheres na ciência e seu reconhecimento de pesquisas científicas.

Aqui é importante lembrar que os grupos tiveram 30 minutos a menos do que o planejado (1:50h) para responder a essas perguntas. Apesar do fato que todos os grupos responderam todas as questões, ficou claro ao professor que isso prejudicou a elaboração das respostas. Destacamos essa situação, pois o grupo A não se manifestou

sobre a questão de mulheres na ciência, apesar de ter revelado em conversas em sala de aula (e ao ler a NHE é possível reconhecer), que essa foi a maior motivação.

Ao ler a opinião dos estudantes destacada acima e ao analisar a NHE, identificamos uma série de trechos, nos quais são apresentadas práticas científicas da época capazes de inspirar discussões com os estudantes sobre a ciência. Serão apontados os trechos na NHE (número de linhas, retiradas dos Apêndices XIII, IX e X) em que identificamos elementos que poderiam inspirar certas discussões e alguns comentários sobre esses trechos serão realizados.

Identificamos uma série de trechos que parecem problematizar a presença de mulheres na ciência. Encontramos trechos nos quais são destacadas as dificuldades enfrentadas por Rosalind em seu laboratório e na comunidade científica: linhas 24-28, 73-83, 205-230, 258-265, 270-275, 320-332 e 359-360. Nesses trechos, encontramos exemplos dessas dificuldades, como não haver banheiros femininos próximos ao laboratório na King's College e que Wilkins entendia que Rosalind, por ser mulher, não seria capaz de produzir boas pesquisas e não deveria ser reconhecida. Em outros momentos, Rosalind desabafa com outros personagens sobre as dificuldades que ela enfrenta diariamente, nos olhares e comportamentos de homens em sua profissão.

Assim, o grupo construiu a personagem de Rosalind como uma mulher difícil de lidar e de opinião forte, inclusive sobre o que ela acredita ser a ciência e seus benefícios à humanidade. Os integrantes relataram que se inspiraram na pesquisa bibliográfica que realizaram[24], mas em parte, foi interesse do grupo valorizar a personagem feminina. Como uma estudante relatou:

> *A personalidade dela foi fruto um pouco da pesquisa e um pouco da magia do drama. De alguns trechos que eu consegui da bibliografia dela, falava que ela era uma pessoa mais contida e bem metódica. Eu inclusive encontrei uma entrevista que fizeram com um cientista* [Donald Caspar] *(que dizem rumores que tinha uma paixonite por ela) e ele falava muito da personalidade dela.*

Além de tratar essa questão, a NHE contém muitos trechos nos quais estão presentes informações sobre as práticas científicas, sociais e empíricas, daquele

[24] O grupo identificou para o professor uma fonte: http://cienciahoje.org.br/acervo/historia-de-um-sucesso-e-duas-tragedias/

contexto histórico. Em certos trechos (18-21, 231-238), é destacada a habilidade que Rosalind com a realização da técnica de difração de Raios-X na cristalografia. Nas linhas 45-48, é destacada a qualidade do laboratório na King's College e a importância do salário para a pesquisadora. Além disso, alguns trechos revelam a relação hierárquica que Rosalind tinha com John Randall e os interesses do laboratório de pesquisa. Nas linhas 64-67, o foco da pesquisa para a qual Rosalind foi direcionada muda, enquanto nas linhas 84-96 Rosalind descobre que foi colocada para trabalhar com Wilkins no laboratório, sem ter sido informada.

Durante diversos trechos, podemos identificar práticas experimentais realizadas dentro do laboratório na King's College: 104-113, 120-128, 147-185. Também foram destacadas outras práticas, como a apresentação de palestras (202-243) e a publicação de pesquisas em periódicos, como a revista *Nature* (302-322). Encontramos dois momentos em que é destacada a existência de grupos de pesquisa, além da parceria Rosalind e Wilkins ou Watson e Crick: 5-7 e 354-358. Por fim, temos como último exemplo o destaque à existência de traições ou sabotagens na ciência, representada pelas ações de Wilkins (244-294).

Também poderíamos selecionar diversos trechos, no quais o grupo destacou um conteúdo científico, como os resultados das pesquisas realizadas por aqueles personagens na identificação do formato das cadeias de DNA e RNA. Entretanto, não objetivamos focar nesse potencial das NHE nessa tese, apesar reconhecer sua existência. Encerramos, assim, a análise da primeira NHE e retomaremos alguns desses resultados ao término dessa seção.

6.4.2 – NHE 5 – *Uma Narrativa histórica sobre Lise Meitner*

O grupo 5, que continha cinco integrantes, entregou uma NHE contendo 15 páginas no total, com cerca de 11 páginas de texto. Ao término do texto, foram indicadas as fontes de pesquisa utilizadas pelo grupo. Nessas fontes, estão presentes um site de um grupo de pesquisa internacional em História e Sociologia da Ciência (Atomic Heritage Foundation), uma reportagem do site da *Royal Society of London*, um site com

uma coleção de biografias de cientistas mulheres (History of Scientific Women), um livro[25], uma pequena reportagem na *American Nuclear Society – Nuclear Cafe*, um artigo internacional na revista *American Journal of Physics*, dois artigos nacionais, um no *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*[26] e um na *Revista Virtual de Química*[27], e uma Carta ao Editor, apresentada na *Revista Brasileira de Ensino de Física*[28].

Seguimos com a análise literária da NHE. A *seleção de eventos* pode ser resumida da seguinte forma: Em 1938, Otto Hahn e Lise Meitner marcam um encontro em um pub onde frequentavam cientistas > Lise chega cedo e é recebida com olhares e comentários com desprezo pelos homens locais > Otto chega, ignora o desconforto de Lise > Lise relembra as tantas vezes que foi desprezada por ser uma mulher no meio científico > Otto retoma a conversa e os dois compartilham resultados de um experimento no qual trabalhavam em colaboração > A conversa ocorre até tarde da noite e há uma mudança de "capítulo" na NHE > Meitner retoma memórias da sua vida e da sua fuga da Áustria para a Suécia, devido ao regime nazista na Europa e ela ser judia > algumas informações sobre sua fuga e começo do trabalho na Suécia, com a parceria de seu sobrinho Otto Frisch, são fornecidas > Lise e Otto trocam cartas e uma delas é apresentada ao leitor > na carta há resultados de pesquisas sobre física nuclear > Meitner e Frisch se surpreendem com os resultados, conversam e tem uma ideia > ambos calculam a tensão superficial de um núcleo de urânio (para uma possível divisão) > Lise envia uma carta à revista Nature com uma "explicação teórica" de seus resultados, mas parece ser ignorada > os resultados de Meitner são usados por Otto Hahn, que ganha o prêmio Nobel > Lise envia uma carta a Hahn discutindo resultados de suas pesquisas, sua distância do laboratório de Hahn e algumas dificuldades enfrentadas durante sua vida > algumas informações biográficas do final da vida de Lise Meitner são fornecidas.

Apesar da forma como apresentamos a ordem de eventos selecionados pelo grupo, a NHE foi escrita com uma *estrutura* não cronológica. O texto inicia com um Epílogo, em que Lise descobre que Hahn havia ganhado um prêmio Nobel por trabalhos nos quais ela acreditou ter contribuído, segue com o Capítulo 1 e 2, que se passam

[25] Lise Meitner: A Life in Physics (California Studies in the History of Science), de Ruth Lewin Sime.
[26] Entre os transurânicos e a fissão nuclear: um exemplo do papel da interdisciplinaridade em uma descoberta científica – de Marinês D. Cordeiro e Luiz O. Q. Peduzzi, 2014.
[27] Lise Meitner: A Intérprete da Cisão Nuclear, de Raquel Gonçalves-Maia, 2012.
[28] Escrita por Salomon S. Mizrahi.

cronologicamente antes do epílogo, e termina com o Prólogo, com eventos que ocorrem após o epílogo. Caso o texto fosse organizado numa sequência cronológica, a ordem deveria ser: capítulo 1, capítulo 2, epílogo e prólogo.

Assim, é difícil definir a *situação inicial*, que pode ser entendida como ocorrendo somente no capítulo 1, com Meitner fugindo da Áustria e trabalhando na Suécia. Essa situação muda com a premiação de Hahn. Entretanto, o interesse do grupo na mudança da ordem cronológica foi, conforme relataram, atrair o leitor, criando uma tensão ao apresentar o momento de *crise* da narrativa no início e, depois, apresentar a sequência de eventos que levou a essa crise. Novamente, encontramos uma NHE em que não há uma *decisão crítica* da personagem principal, somente sua fala, manifesta na carta, contendo resultados de pesquisas, memórias e tristezas.

Assim, entendemos que a NHE perde em potencial narrativo, pois os estudantes criaram um texto quase biográfico e, como resultado, acabam contando ao leitor os eventos destacados acima, mas sem nenhuma *conclusão* ou *resolução*. Isso não significa que o texto não é interessante ou que não tenha uma moral, mas que poderia desenvolver algum final para as tensões construídas. Ainda assim, entendemos que existe uma *coerência consequencial*, pois mesmo com uma mudança na ordem cronológica, fica clara a relação entre as partes da NHE, isto é, entre os eventos relatados.

O *narrador* é impessoal, onisciente e não é identificado durante o texto. Acreditamos que a manifestação dos estudantes está na própria fala e nas memórias apresentadas de Lise Meitner, que tomam a maior parte do texto, o que fez com que a figura do narrador fosse diminuída. De certa forma, muitos dos eventos presentes na narrativa são narrados pela própria Lise. O grupo confirmou, em aulas subsequentes, que tiveram como foco a vida da personagem, as dificuldades enfrentadas quando jovem e ao fugir da Áustria e ao ter seu trabalho não reconhecido por Hahn na premiação do Nobel.

Foram identificados cinco *agentes* principais: Lise Meitner, Otto Hahn, Otto Frisch, Karl Manne Siegbahn e Peter Debye. Também são mencionados outros nomes, com os quais Lise teve contato ou responsáveis por pesquisas nas quais ela se inspirou, como Niels Bohr, Ludwig Boltzmann e Fritz Strassmann.

Apesar de sentirmos falta de alguns elementos literários, entendemos que a NHE foi bem produzida, nos cativou como leitores e está fundamentada numa boa pesquisa histórica, com destaque a algumas práticas científicas, que nos possibilitam levantar questões sobre a ciência. Semelhante à NHE do grupo 2, essa narrativa também teve, como moral do texto, apontar algumas das dificuldades enfrentadas por uma personagem mulher em sua produção científica. Nesse caso, além das questões de gênero presentes na NHE, também é destaque o contexto político da época, diante da ascensão do nazismo na Europa e o impacto na vida de Lise.

Para essa NHE, também foi construída uma tabela que apresenta os interesses e as opiniões acerca de que questões sobre a ciência a NHE pode levantar, do grupo que a escreveu (A) e do grupo que a leu (B).

NHE 5 – Narrativa histórica sobre Lise Meitner			
O que mais interessou?		Questões sobre a Ciência	
Grupo que escreveu	Grupo que leu	Grupo que escreveu	Grupo que leu
A interação de Lise com personagens históricos, como Rutherford e Fermi, além da parceria entre ela e Otto Hahn. "O que também nos interessou bastante foi a pesquisa feita sobre fissão nuclear e as consequências disso para o projeto Manhattan."	As concepções de Lise sobre a ciência. O machismo presente no meio científico, com Lise sendo ignorada por Rutherford. O não reconhecimento do trabalho de Lise na escolha do Prêmio Nobel. Quando e porque, ao sair do país refugiada, Lise resolveu trabalhar com Física.	-- Trabalho coletivo na ciência: "Meitner sugeriu um novo tema para a reunião, a atual pesquisa que os dois cientistas trabalhavam em colaboração". - A ciência trabalha testando novas alternativas: "Meitner sugeriu que o químico realizasse os experimentos de uma outra forma e que, talvez, fosse interessante consultar a opinião de uma terceira pessoa, além dela e de Strassmann. Hahn aceitou a opinião da física de muito bom grado, logo seguindo para outro tópico".	Como método científico, podemos ver um pouco do trabalho em conjunto dos pesquisadores para desvendar a fissão nuclear e no estudo acerca dos elementos, ressaltando a importância de um auxílio coletivo para os desenvolvimentos científicos. Também, quando testavam e realizavam experimentos elaborando teorias cerca de suas pesquisas. Vemos, também, a questão histórica, como a sociedade machista dificultava o destaque e os estudos de mulheres no meio científico, assim como Lise não eram consideradas e ficavam sem credibilidade.

Curiosamente, temos um caso semelhante à NHE anterior, com o grupo A não destacando o interesse no texto pela temática da presença de mulheres na ciência, enquanto o grupo B o destacou. Em conversas com o grupo A, uma estudante destacou:

Pelo que eu lembro do questionário, interpretamos essa pergunta como sendo mais voltada pra parte científica em si do que sobre a parte social e da nossa abordagem das mulheres no meio científico.

Essa fala volta a nos chamar a atenção para as expectativas dos estudantes sobre o que são "questões sobre a ciência", expressão que estava nas questões respondidas por eles. As integrantes do grupo 5 interpretaram que nessa questão elas deveriam levantar que partes da pesquisa, associadas ao conhecimento científico, foram as mais relevantes durante a produção da NHE. Em contrapartida, o grupo B revelou interesse sobre as dificuldades enfrentadas por Lise Meitner e, também, consideraram isso uma questão importante no texto para levantar discussões sobre a ciência.

O grupo A destacou, como questões sobre a ciência presentes na NHE, o caráter social e coletivo da produção científica, além do trabalho contínuo e tentativo em pesquisas científicas. O grupo apresentou trechos onde estavam destacados exemplos do episódio histórico que podem levantar essas questões. O grupo B identificou exatamente essas duas questões na NHE, além da temática da presença de mulheres na ciência. Isso é um indício de que ambos os grupos consideraram essas práticas científicas destacadas como importantes no tema da NHE, apontando para a existência de um *interesse*, apesar de não ser possível classificar esse interesse como *individual* ou *situacional.*

Para ambas essas questões, identificamos uma sequência de trechos na NHE como exemplos. Um evento central da NHE é a premiação do Nobel para Otto Hahn (linhas 10-12, 24-27, 279-281) e o não reconhecimento da contribuição de Lise nesse trabalho (71-78). Além desse exemplo de dificuldade, encontramos trechos no quais Lise recebe olhares e comentários diminutivos de outros cientistas em um pub (101-152), outros onde Hahn apresenta um descaso com esses olhares para Lise e uma cena depreciativa, quando Lise encontra-se obrigada a ir fazer compras com a mulher de Rutherford, quando queria conversar sobre suas pesquisas científicas (140-143).

O contexto histórico da NHE também foi destacado, com Lise ameaçada pelo nazismo e fugindo da Áustria tardiamente, precisando da ajuda de Hahn para atravessar a fronteira com a Holanda com, somente, 10 marcos no bolso (182-196). Assim, ela consegue trabalho em um laboratório na Suécia, mas as condições de trabalho não são as melhores e ela fica distante da pesquisa que realizava em colaboração com Hahn (69-70).

Encontramos outras práticas científicas na NHE que merecem destaque. Primeiro, é interessante destacar que o encontro num pub entre Lise e Otto é marcado para eles conversarem sobre suas pesquisas científicas (89-180). Também encontramos trechos destacando práticas laboratoriais em física nuclear (34-47, 162-164), a importância de estar atualizada com outros trabalhos na sua área de pesquisa (37-42, 172-174,), a comunicação entre cientistas através das trocas de cartas (197-200, 251-252) e o ato de publicação de periódicos em revistas como a *Nature* (30-33, 46-47).

Como em todas as NHEs de 2018, encontramos um vasto conteúdo científico[29] que se revelou como interesse do grupo. Apesar de isso ter sido tema de conversas com as integrantes do grupo, esse conteúdo não foi trabalhado em sala de aula.

6.4.3 – NHE 6 – *Uma Vida Além do Tempo*

A última NHE a ser analisada foi produzida pelo grupo 6 e continha 16 páginas no total, com 13 páginas de texto da narrativa e 3 páginas de capa, sumário e referências. O grupo apresentou cinco fontes consultadas, dentre elas o livro *A Vida Imortal de Herietta Lacks,* de Rebecca Skloot, que conta sobre o caso da identificação das Células HeLa a partir de um câncer sofrido por uma mulher negra, chamada Henrietta Lacks. O grupo também consultou uma resenha feita sobre o livro, apresentada na revista *Ciência e Cultura*.

Nessa NHE, os estudantes selecionaram os *eventos*, principalmente, a partir do caso judicial que ocorreu entre a família de Henrietta e o hospital *Johns Hopkins Hospital*. Como o grupo dividiu a NHE em três partes e eles descrevem muitos eventos,

[29] Produtos científicos, resultados de pesquisas, teorias, modelos e hipóteses científicas.

cronologicamente, descreveremos os eventos narrados a partir de cada parte. Na primeira parte, o caso médico de Henrietta é, brevemente, contado: a identificação de um câncer em seu útero, sua internação no hospital e seu falecimento alguns meses depois. Ao mesmo tempo, o Dr. Gey é apresentado ao leitor, como um pesquisador em biologia celular. O *narrador*, que ainda não é identificado, narra que o Dr. Gey descobriu uma cadeia de células que se reproduziam mais rápido do que morriam, logo foram chamadas de células imortais. Não é feita uma ligação entre os dois eventos nessa primeira parte.

Ainda na primeira parte, o narrador é identificado como um dos pesquisadores do laboratório, o jovem Christoph Lengauer. Assim, os dois médicos e pesquisadores se encontram para conversar em um restaurante, quando Christoph se interessa pelas células encontradas por George e apresenta curiosidade sobre sua origem. George o informa que foram retiradas da paciente Henrietta, mas admite que a família não havia sido consultada para dar permissão. Quando Christoph reage com desaprovação, George se irrita e justifica que fez o que era necessário para as pesquisas científicas avançarem. Entretanto, Christoph o questiona se George não havia se beneficiado pessoalmente com essa descoberta.

Apesar de ter prometido que não contaria à família de Henrietta, Christoph vai até a residência do marido dela para o informar sobre o caso. A reação do marido é negativa e Christoph é expulso da casa, originando, assim, o caso judicial e apresentando ao leitor a questão moral central da NHE.

Em seguida, na segunda parte, são apresentadas algumas etapas do julgamento no qual a família da paciente falecida processava o hospital pelo uso não aprovado de material retirado de Henrietta. São descritos, na ordem: a apresentação do caso pelo promotor, a apresentação inicial do advogado de defesa e seis testemunhos de pessoas chamadas à bancada do tribunal pelos advogados: de David Lacks, marido de Henrietta, de Sadie, uma prima dela, de Christoph Lengauer, como quem avisou à família da situação, de Howard Jones, um médico que tratou do caso, de Mary Kubicek, uma assistente de Gey e do próprio Dr. George Gey, como o responsável pela pesquisa sobre as células.

Após o caso judicial terminar, a terceira parte da NHE narra um jantar entre Christoph e sua família, onde ele confessa arrependimentos em alguns de seus atos, mas sua mulher lhe conforta, afirmando que ele fez o que era certo.

Foram identificados X *agentes* principais: David Lacks, Sadie, Christoph Lengauer, Howard Jones, Mary Kubicek, Dr. George Gey, o promotor Peter Morgan e o advogado de defesa, Sebastian Turner. Todos os *agentes* participam da NHE de forma significativa, principalmente no tribunal.

A NHE apresenta uma boa *estrutura*, já que os eventos são cronologicamente contados, a *situação inicial* é bem apresentada, com o caso médico de Henrietta, e desenvolvida com a coleta, não autorizada, de suas células e intensificada pela diferença de tratamento no hospital para "pessoas de cor", como é descrito nos testemunhos. Além disso, a escolha do tribunal resulta como um bom *cenário* para gerar um conflito entre os argumentos da defesa e da promotoria do caso. Dessa forma, o texto apresenta uma *coerência consequencial*, pois o caso judicial, que pode ser considerado a *crise* na NHE, é justificado pelas ações de Gey e pela confissão de Christoph. A *situação inicial* também é construída a partir da *decisão crítica* realizada por Christoph, em contatar a família de Henrietta.

Ainda assim, semelhante às outras duas NHEs analisadas, essa ou qualquer outra decisão não são ligadas a alguma *conclusão* ou *resolução* para a NHE, com o caso judicial sendo encerrado no texto sem apresentar o que a juíza julgou no final. A conversa entre Christoph e a esposa no final da NHE serve como catarse para o narrador, alimentando a discussão moral, mas não conclui o caso judicial.

O grupo relatou que teve como objetivo construir uma NHE que explorasse questões éticas na ciência e, logo, essa fosse a moral do texto. Entretanto, inicialmente, o posicionamento do grupo não ficou completamente claro em nossa análise, pois foram apresentados argumentos contrários e favoráveis às ações dos personagens, relatadas nos testemunhos. Apesar disso, o modo como o grupo apresentou o debate e os argumentos foi entendido como um ponto positivo, pois o dilema ético apresentado na NHE foi explorado de diferentes perspectivas, sendo apresentadas razões e críticas às ações de George e dos personagens do hospital. Dessa forma, poderíamos concluir que a moral da NHE é que existem questões éticas na produção científica.

Em seguida, apresentamos a tabela contendo o registro dos interesses e das questões sobre a ciência presentes na NHE do grupo que a escreveu e do grupo que a leu.

NHE 6 – George Gey e as células HeLa			
O que mais interessou?		Questões sobre a Ciência	
Grupo que escreveu	Grupo que leu	Grupo que escreveu	Grupo que leu
O tema científico: biologia celular. A riqueza histórica que revela a uma grande discussão moral.	Sobre os trechos que são citadas as pesquisas relacionadas às células que se multiplicam e continuam vivas, mesmo estando fora de um organismo vivo.	- O cientista demorou para obter seus resultados, servindo de exemplo que a ciência não é feita do dia para a noite e que é construída através do método científico, com tentativas, falhas e acertos. - Podemos ver no texto como a difusão da informação científica não acontece de modo simples, a própria família não conhecia a descoberta que mudou a biologia.	A questão sociológica é predominante no texto, visto que retrata bastante a moral do hospital em ter usado as células da mulher em a ter consultado, sendo imprudentes em relação à vida dela. Os médicos se importavam apenas com os resultados das pesquisas com as células, tratando as questões humanas com desrespeito, deixando a entender que neste caso o conhecimento científico foi mais valorizado que a vida humana.

Nas opiniões destacadas acima, o grupo A revelou seu interesse em discutir a existência de questões éticas na ciência. Além disso, suas respostas indicam um interesse científico sobre as células HeLa, como também indicou o grupo B. É interessante notar que nas três NHEs analisadas, quase todos os grupos de estudantes se interessaram pelo conteúdo científico, indicando que as NHE geraram interesse, envolvimento e discussões acerca do conteúdo científico a partir da escrita de narrativas.

Ambos os grupos destacaram que a NHE possibilita levantar questões sobre a ciência. Novamente, encontramos um resultado semelhante às duas NHEs analisadas anteriormente. Apesar de o grupo A registrar o interesse em discutir a existência de questões éticas na ciência, eles não identificaram isso como uma questão presente na NHE. Isso foi interpretado como indício de que ou os grupos não tiveram tempo

suficiente para preencher o questionário, que não quiseram repetir uma resposta na outra pergunta, ou não identificaram a questão moral da NHE como uma "questão científica". Isso nos faz atentar, novamente, às expectativas dos estudantes quando utilizamos uma abordagem histórica e contextual. Em contrapartida, o grupo B identificou a questão ética na ciência como central à NHE lida.

Dessa forma, podemos destacar trechos produzidos pelo grupo A na NHE, que possibilitam inspirar discussões sobre a ciência. Primeiro, destacamos que durante toda a narrativa fica claro que Christoph e George atuam como médicos, mas também são pesquisadores em biologia celular. Por isso, George tem contato com as células retiradas de Henrietta, já que estava constantemente coletando esse tipo de material de pacientes no hospital. Além disso, a escolha do caso judicial como evento central da NHE possibilita destacar o poder institucional do hospital em questão em defender, juridicamente, seus pesquisadores.

Durante a NHE, são citadas práticas laboratoriais realizadas pelos pesquisadores em biologia celular (linhas 15-23, 121-126, 325-334, 343-364, 377-378). Para a realização dessas práticas, é destacado a contratação de técnicos, com Mary Kubicek, que apresentem uma habilidade manual (343-345). Também é destacado que existia uma prática de coleta de material de pacientes sem a autorização destes (67-74, 152-162, 206-212, 266-267, 325-334), com algumas justificativas. George aponta que isso é importante "pela ciência" (77-78) e para os avanços científicos (166-172), enquanto o médico de Henrietta, Howard Jones, relata que aquela era uma prática comum (266-267, 380-384), já que o hospital era público e aquela seria uma forma dos pacientes "pagarem" pelo serviço (300-309, 329-334, 385-388). Ao mesmo tempo, encontramos trechos que destacam o interesse pessoal de George com a "pesquisa de sua vida" (46-48, 82-85).

O promotor do caso aponta, muitas vezes, que a pesquisa sobre as células HeLa gerou lucro para o hospital (153-158, 220-223, 397-405, 440-441) e que seria injusto deixar a família de Henrietta sem nenhuma parte desse lucro. Também encontramos muitos trechos onde o promotor apela pelo lado humano do caso, pelo valor à vida e pelo respeito à família da vítima (79-81, 222-228). O desrespeito à família também é destacado pela diferença de tratamento que negros recebiam no hospital (130-131, 200-203, 241-245), levantando a possibilidade de que Henrietta não teria recebido

tratamento suficiente para curá-la. Por fim, o marido de Henrietta revela-se revoltado por terem inventado um outro nome para as células, escondendo que elas pertenciam à Henrietta Lacks e desonrando o nome da família (406-411).

Assim, é encerrada a análise de cada NHE e comentários gerais podem ser apresentados sobre a atividade da escrita de uma NH por parte dos estudantes. Primeiro, a Atividade pós-entrega da NHE possibilitou que os estudantes tomassem conhecimento da produção realizada por outros estudantes e, assim, de conteúdos e questões sobre a ciência presentes em outra NHE produzida a partir de temas "livres". Isso possibilitou aos estudantes conversarem sobre os conteúdos de suas NHEs, mas também trocar experiências vividas durante a pesquisa, compartilhando procedimentos realizados e dificuldades enfrentadas.

A opinião dos grupos, quando eles liam a NHE de outros grupos, nos revelou que a proposta da NHE possibilitou aos estudantes escrever sobre um tema escolhido por eles e trazer resultados de suas pesquisas históricas de forma a manifestar posições do grupo sobre questões científicas, a partir da escolha de um tema. A partir desse tema, escolhido por motivações pessoais, eles conseguiram levantar dados de episódios históricos científicos e escrever uma narrativa que explicitasse essas motivações, como no caso da temática da presença da mulher na ciência ou da questão ética de como tratar material coletado de pacientes num hospital.

Ao identificarem as questões sobre a ciência que a NHE poderia inspirar, todos os grupos destacaram práticas científicas que eram realizadas no recorte histórico de cada NHE. Foram pesquisadas práticas laboratoriais de manipulação, medição e análise de dados, práticas sociais de comunicação entre cientistas, de publicação, de reconhecimento e de plágio de pesquisas. Através do estudo dessas práticas, as reflexões realizadas na TLS foram possíveis e foram potencializadas pela leitura e escrita das narrativas.

Os dados nos possibilitam afirmar que as outras atividades da TLS possibilitaram discussões em sala de aula e reflexões que inspiraram a produção da NHE. Por exemplo, quando comparamos as discussões que as atividades possibilitaram e as opiniões dos estudantes sobre as NHEs produzidas, encontramos muitos paralelos. Por exemplo, na NHL e nos MIs foram tratados temas como a importância da leitura para cientistas (NHL e Questão I do 1° MI), de estar atualizado com a produção

acadêmica da sua área (Questão II do 2° MI) e de estar inserido em redes de comunicações entre cientistas (NHL, Leibniz e sua inserção na República das Letras). Também foi destacado o caráter social da ciência, em que discussões foram feitas sobre como é o trabalho individual e coletivo de cientistas (Questão II e III do 2° MI), incluindo discussões sobre a formação de instituições científicas e as práticas realizadas por seus membros (Questão III do 2° MI).

A análise das NHEs revelou que os grupos se inspiraram nessas discussões para produzir suas narrativas. De acordo com o grupo 2, sua NHE foi inspirada em "como o conhecimento científico pode ser construído numa dinâmica coletiva e como a comunidade científica é vulnerável às condições histórico-sociais em que estão inseridas". O mesmo grupo também apontou que sua pesquisa revelou as relações entre "três principais laboratórios que trabalhavam com este mesmo tema" e que poderiam levantar questões a partir da "própria carta de John Randaal (inventada, porém inspirada em outras cartas escritas pelo mesmo)".

Em relação à NHE 5, encontramos questões semelhantes levantadas pelos grupos que a escreveram e pelos que a leram. Foram destacadas as questões sobre o "trabalho coletivo na ciência", que "a ciência trabalha testando novas alternativas" e que através da NHE é possível "ver um pouco do trabalho em conjunto dos pesquisadores para desvendar a fissão nuclear e no estudo acerca dos elementos, ressaltando a importância de um auxílio coletivo para os desenvolvimentos científicos".

Na NHE 6, a questão central sobre a ética na ciência não havia sido discutida em sala de aula, mas os estudantes destacaram que a NHE possibilitou discussões sobre como "a difusão da informação científica não acontece de modo simples" e que "a questão sociológica é predominante no texto".

Como último exemplo de relação entre as atividades da TLS e a produção da NHE, encontramos nas três NHEs questões morais ou éticas, principalmente relacionadas a atores não valorizados na produção científica. Enquanto nas NHEs 2 e 5, a presença da mulher na ciência é um dos temas centrais, a NHE 6 possibilitou levantar questões sobre como a coleta das células HeLa foi realizada, tanto pela suposta injustiça realizada com a família, quanto pelas práticas realizadas por médicos e assistentes técnicos do hospital na coleta e manipulação dessas células.

Outro aspecto da NHE que nos chamou a atenção foi a seleção das fontes de pesquisa pelos estudantes. Elas não foram o foco da análise na nossa investigação, mas a análise dos dados indica que os grupos utilizaram trabalhos de grupos de pesquisa e de artigos científicos nacionais e internacionais, e até peças teatrais. A utilização dessas fontes também possibilitou ao professor levantar discussões em sala sobre a produção científica contemporânea, através do destaque à existência de grupos de pesquisa hoje, das características de publicações em periódicos e das condições enfrentadas pelos estudantes para ter acesso a esses periódicos.

Além disso, como os estudantes encontravam em suas pesquisas históricas fontes que faziam leituras diferentes do mesmo recorte histórico, houve discussões sobre a importância de reconhecer a existência de diferentes linhas historiográficas e como certas fontes na internet se inspiram em um conhecimento histórico desatualizado com as pesquisas presentes na literatura atual.

Sobre o processo de escrita, algumas considerações devem ser apresentadas sobre o envolvimento pedagógico e emocional dos estudantes com a NHE. Semelhante a 2015 e a 2016, os estudantes se manifestaram sobre o desafio que é produzir a NHE:

> *Não encontramos muita coisa sobre como Mary* (Anning) *trabalhava e o que ela fazia nos campos onde achavam os fósseis. Essa parte foi muito difícil.* (grupo 3)

> *Essa parte forte do Wilkins eu mesma não achei muito boa e não expressou muito a realidade. Não chegou a ser uma parada criminosa (bem longe disso aliás) mas ela realmente teve dificuldades pra trabalhar com ele. O que ele fez foi mostrar todos os trabalhos que aconteceram dentro do laboratório em que eles trabalharam, isso acabou ajudando bastante no desenvolvimento do modelo depois feito, né.* (grupo 2)

> *Foi um desafio escrever, pois nem todos do grupo conseguiam se encontrar. E o processo de escrever é meio pessoal, não dá pra escrever com duas pessoas, ou algo assim. Achamos o tema muito interessante, então deixamos dois pesquisando [...] no final, quem escreveu também teve que pesquisar.* (grupo 1)

Em todos os anos da DBR, reconhecemos que nem todos os grupos de estudantes conseguiram se organizar de forma satisfatória de forma a permitir a

participação de todos os integrantes do grupo na pesquisa e na escrita. Isso tem como resultado que, para praticamente todos os grupos, apenas um ou dois integrantes escrevem a NHE, o que identifica que o desenvolvimento de *interesse* não ocorre com todos os estudantes. Buscamos envolver todos os estudantes com as modificações no *design* da TLS a cada ano, mas esse resultado no processo de produção da NHE se manteve.

Uma fala de uma estudante, enviada por e-mail, que escreveu sobre Lise Meitner, traz uma opinião sobre o processo de escrita e o número de páginas elevado das NHEs em todos os anos da DBR:

> *Tem dois motivos que fazem os alunos fazerem trabalhos de 12 páginas a 40 páginas e o primeiro é: a gente tem muita dificuldade em desenvolver a parte histórica e científica em 3 páginas, por que, normalmente os cientistas escolhidos tem uma longa trajetória de vida e vários prêmios para poder falar e coisas importantes, mesmo, para poder citar. E os trabalhos, mesmo, são trabalhos difíceis, então, assim, você pegar um conteúdo científico e você jogar em um parágrafo todo, assim, fica muito difícil de ler e entender e não fica tão..., não fica uma história boa. Se é para ser uma mistura entre a ficção e a realidade, não fica uma coisa legal. Então, precisa ter bastante desenvolvimento para ser uma coisa menos densa. Assim, de qualquer forma, é denso, mas para poder ter uma puxada mais legal, precisa ter desenvolvimento. Além disso, talvez, se a gente fizesse um trabalho de 3 páginas, a gente iria cortar um monte de coisa que não seria avaliada. Aí poderia não ficar um trabalho ruim, mas não ficaria um trabalho perfeito e, assim, a gente não sabe muito o que esperar da sua correção, então a gente quer fazer o melhor trabalho possível. Aí é uma questão que pesa.*

Essa fala representa opiniões de estudantes durante os três anos da DBR e demonstra as expectativas dos estudantes para com o objetivo da NHE e sua avaliação. Ainda assim, o professor reconheceu muitas manifestações apontando que houve desenvolvimento e manutenção de *interesse situacional* e, na produção da NHE a partir de temas "livres", o desenvolvimento de *interesse individual* sobre o respectivo tema. O tema "livre" parece ter potencializado esse envolvimento, pois todos os seis grupos de estudantes produziram NHEs cativantes, bem estruturadas narrativamente e que

levantaram questões sobre a ciência. Em suas manifestações, encontramos esse envolvimento nas atividades e na produção da NHE:

> *Foi muito angustiante ler sobre esse caso* [das células HeLa], *pois a mulher estava morrendo, morreu,* [...] *parece que ninguém se importou e estavam ganhando dinheiro depois.* (grupo 6)

> *Achamos a história muito interessante. A gente ficou muito chocado com a história e como a personagem* [Lise Meitner] *enfrentou tudo aquilo.* (grupo 5)

> *Muito do que eu consegui extrair foram das cartas que ela* [Rosalind Franklin] *escreveu e que ela recebeu. Algumas coisas foram de artigos que possuíam relatos de familiares e colegas de trabalho e um pouquinho da biografia dela. Encontramos trechos do livro e frases da biógrafa dela. Eu queria muuuuito ter focado no dia a dia de trabalho dela, existem algumas histórias de que ela tinha de sair do campus pra usar o banheiro. Eu também tirei algumas coisas mais dramatizadas de uma peça britânica; eu ouvi o áudio-book inteiro em inglês pra tirar umas ideias legais!* (grupo 2)

Assim, podemos concluir a análise dos dados com algumas conclusões. As atividades da TLS se mostraram bem articuladas, possibilitando o estudo de episódios históricos (na NHL e na NHE) e o levantamento de discussões sobre questões históricas, sociológicas, epistemológicas, conceituais e éticas da ciência. Além disso, os *re-designs* realizados a cada ano na TLS resultaram em estratégias que potencializaram o desenvolvimento de *interesse* nos estudantes e facilitaram ao professor lidar com as resistências dos estudantes à abordagem histórico-contextual, com suas concepções acerca dos objetivos e propósitos de um trabalho escolar e com o tempo disponível dentro e fora de sala de aula.

6.5 – Re-design

Após 2018, o professor manteve o interesse de aplicar a TLS em suas aulas, no mesmo contexto escolar dos anos anteriores. Dessa forma, levantamos algumas considerações sobre a avaliação que possibilitaram repensarmos algumas atividades da TLS nessa etapa de *re*-design.

A divisão de tarefas na produção da NHE se manteve um desafio na concepção do professor. Buscamos repensar ou construir a proposta da produção da NHE, para possibilitar que mais estudantes participem da sua escrita. Apesar de não termos chegado a uma proposta de modificação concreta, levantamos a hipótese de propor aos estudantes uma tarefa individual de escrita. Entretanto, como a NHE já demanda muito tempo dos estudantes, consideramos alguma modificação na proposta do rascunho da NHE. Seria possível propor que todos os estudantes realizassem uma pesquisa prévia e construíssem um rascunho de como seria a NHE na opinião deles. Aqui poderíamos propor que cada estudante produzisse o rascunho a partir de um tema pessoal ou que o tema fosse único para o grupo inteiro.

Outros dados que chamaram a atenção do professor em todos os anos da DBR foram os modos como os estudantes utilizaram do *drama* na construção da narrativa. Na literatura é defendido que o *drama* gera um envolvimento entre o leitor e o tema de uma NH (HADZIGEORGIOU, 2016), que pode ser definido como um *interesse situacional* (HIDI, 2001), mas não encontramos trabalhos que explorem especificamente como essa ferramenta literária pode ser utilizada por estudantes na escrita de narrativas (GERE et al., 2018). Se pegarmos a NHE 2, já foi citado uma fala de uma estudante que reconheceu que o modo como seu grupo escreveu sobre a traição de Wilkins a Rosalind ficou exagerado e um pouco irreal:

> *Essa parte forte do Wilkins eu mesma não achei muito boa e não expressou muito a realidade. Não chegou a ser uma parada criminosa (bem longe disso aliás) mas ela realmente teve dificuldades pra trabalhar com ele.*

Inclusive, algumas semanas após a TLS de 2018, encontramos uma reportagem em um website[30] onde há uma releitura desse caso:

[30] https://www.theguardian.com/science/2015/jun/23/sexism-in-science-did-watson-and-crick-really-steal-rosalind-franklins-data

> *No final de janeiro de 1953, Watson visitou King's College, onde Wilkins mostrou a ele uma foto de raio X que foi usada posteriormente no artigo da Franklin's na revista Nature. Esta imagem, muitas vezes chamada de "Foto 51", foi feita por Raymond Gosling, um estudante de doutorado que havia trabalhado com Wilkins, e então foi transferido para Franklin (sem Wilkins saber), e agora estava novamente sendo supervisionado por Wilkins. Franklin preparou-se para deixar a terrível atmosfera de King e abandonar seu trabalho sobre o DNA.* (tradução nossa)

Assim, tornou-se interesse do professor repensar o potencial e o desafio de usar o *drama* em uma NHE, considerando que os estudantes podem ser "levados" pelo drama do tema escolhido para a NHE, presente em fontes de pesquisa. E, assim, buscamos chamar a atenção dos estudantes a outras possibilidades de leituras historiográficas do mesmo tema.

Como última consideração, retomamos algumas das ideias que os estudantes apresentaram na construção do rascunho para a NHE. Alguns grupos pensaram em pesquisar sobre temas "livres" relacionados às ciências consideradas não exatas, como a Psicologia. Deixamos como sugestão que o termo "livre" possa ser expandido para outras ciências, como Economia, ou para áreas mais tecnológicas, como Engenharia ou Agricultura. Inclusive, é possível imaginar novos potenciais para a TLS se ela fosse realizada em conjunto com professores de outras disciplinas.

No capítulo seguinte e último dessa tese, realizaremos uma análise de todo o processo da DBR para apresentar as conclusões da tese, destacar como entendemos que essa pesquisa contribui com a literatura em Ensino de Ciências e sugerir pesquisas que podem surgir a partir das nossas conclusões.

7- Reflexões finais

Nesse último capítulo, retomaremos os resultados dos três anos da DBR para sintetizar respostas à pergunta de pesquisa dessa tese: **que estratégias relacionadas à leitura e escrita de NHs em aulas de Física, com aporte histórico-cultural, potencializam discussões sobre práticas científicas?**

No capítulo 1, destacamos que a escolha pelo aporte na HCC teve como objetivo realizar um estudo sobre as ciências, no qual pudéssemos abarcar as dimensões epistemológica e sociológica da construção do conhecimento científico. O aporte historiográfico adotado nos encaminhou a focar a construção da TLS no estudo histórico das práticas científicas performadas em torno ao desenvolvimento da mecânica em fins do século XVII e início do XVIII.

A primeira estratégia construída para o desenvolvimento da TLS foi a elaboração de uma NH para ser lida (NHL) em sala de aula com os estudantes. Podemos sintetizar objetivos com a construção dessa estratégia e os caminhos seguidos para alcanças tais objetivos da seguinte forma:

(a) Iniciar um estudo sobre um recorte histórico – a NHL foi escrita, a partir de uma pesquisa histórica, para ser lida no início da TLS, assim, introduzindo um tema de estudo (KLASSEN, 2009a) e inspirando o levantamento de questões dos estudantes.

(b) Gerar interesse e curiosidades nos estudantes – o gênero narrativo foi escolhido por apresentar características, como a linguagem e a estrutura do texto, que atraem a atenção de leitores (HERMAN, 2009; BRUNER, 2004b, 1986). Na construção da NHL, utilizamos ferramentas literárias com o objetivo de atrair os estudantes ao tema de estudo.

(c) Possibilitar reflexões sobre práticas científicas presentes no recorte histórico – a NHL teve como inspiração estudos com aporte na HCC e foi dividida em três partes, possibilitando interrupções para levantar questões mais direcionadas sobre o texto (METZ, 2007).

A NHL cumpriu o objetivo (a), sendo apresentada no início do 3° bimestre e iniciando o tema de estudo. A narrativa foi avaliada como satisfatória e se manteve nos

três anos da TLS, cumprindo os objetivos (b) e (c). A utilização de ferramentas literárias foi bem-sucedida em estimular o *interesse situacional* dos estudantes para com as atividades da TLS e, principalmente, para inspirar o levantamento de questões. A ferramenta *não-dito* foi central para esse objetivo, pois a maioria dos estudantes levantou questões sobre trechos nos quais tal ferramenta foi utilizada. O *drama* também chamou a atenção dos estudantes, como foi identificado nas manifestações durante as aulas e nas questões levantadas na leitura da NHL.

Apesar de muitos trabalhos na literatura apontarem para o potencial de narrativas em envolver leitores, nossos resultados problematizam essa afirmativa (HEERING, 2010). Nenhum desses trabalhos, entretanto, desenvolve sobre qual é o tipo de *interesse* que é desenvolvido na leitura da NHL. Assim, destacamos um resultado nos chamou a atenção. Encontramos, em todos os anos da DBR, que o maior número de questões que foram levantadas pelos estudantes sobre a NHL estavam relacionadas aos "não-ditos". Isso nos apontou que, no momento da leitura da NHL, estaria sendo gerado um *interesse situacional*, já que a curiosidade dos estudantes foi majoritariamente direcionada a informações presentes diretamente no texto e não a elementos extratextuais, o que apontaria para um *interesse individual em desenvolvimento* (HIDI e RENNINGER, 2006; HIDI, 2001).

Além disso, essas curiosidades podem ter sido originadas de condições contextuais na sala de aula, como o fato de estarem lendo um texto em aulas de Física, pelas características do gênero narrativo, pela abordagem histórica da NHL ou pela dramaticidade de alguns eventos apresentados nela. Em outros momentos, isso ficou evidente durante discussões realizadas em sala de aula sobre a NHL em que o professor estimulava os estudantes a gerarem perguntas e eles apresentavam certo desconforto. Como relatou um estudante: "Não sabemos sobre o que perguntar.". Ainda assim, entendemos que pode ter havido o desenvolvimento de um *interesse situacional* na leitura do texto e que esse interesse deve ser mantido (HIDI e RENNINGER, 2006).

Com vistas a cumprir esse objetivo e potencializar a leitura da NHL a partir de interrupções programadas e guiadas pelo professor, construiu-se o *Momento de Interrupção*. Essa estratégia sofreu modificações ao longo da DBR e, ao final, reconhecemos que, para cumprir seu objetivo, o MI deve conter poucas questões e elas não devem ser totalmente abertas e centrar em uma temática específica.

Em resumo, o MI foi uma estratégia importante para potencializar o debate entre pequenos grupos de estudantes do tema apresentado na NHL, permitindo ao professor reconhecer dúvidas dos estudantes ao longo da leitura da NHL, assim como identificar curiosidades deles para com o episódio histórico tratado e com isso contribuir para a construção das *Aulas com Slides*.

As *Aulas com Slides* foram construídas a partir do estudo histórico desenvolvido para a construção da NHL e das discussões travadas nos MI. Essa atividade possibilitou ao professor sintetizar o estudo das práticas científicas presentes na NHL. O acréscimo de informações sobre o contexto histórico e sobre práticas científicas realizadas nos séculos XVII e XVIII e a utilização de imagens, como pinturas da época ou diagramas destacando as trocas de cartas por filósofos naturais nesse período, potencializaram as discussões realizadas em sala de aula. Dessa forma, os resultados da DBR indicam que essa estratégia possibilitou um estudo explícito sobre práticas científicas no tema estudado, inspirando discussões em sala de aula que aprofundaram as discussões levantadas ao longo do MI (GANDOLFI, 2017).

Importante destacar que não foi nosso objetivo um ensino declarativo sobre práticas científicas de forma que ao final das aulas os estudantes enumerassem práticas científicas estudadas. Entretanto, os dados coletados nas atividades MI e *Aulas com Slides* geraram questões a serem consideradas. A participação dos estudantes parecia delimitada pelo entendimento de que as atividades realizadas em sala de aula tinham como objetivo aprender sobre as práticas científicas *per se*, limitando o estudo à questão "Qual conteúdo o professor quer que nós decoremos no tema estudado?".

Importante ainda destacar que a escolha do aporte historiográfico da HCC buscou deslocar o núcleo do estudo das ciências dos grandes nomes da ciência para as práticas científicas e como estas mudaram ao longo do tempo (MOURA e GUERRA, 2016). Isso possibilitaria desenvolver, com os estudantes, um entendimento das ciências enquanto construtos sócio-histórico-cultural. Para contemplar tais pressupostos, partimos do princípio que o estudante deve participar de atividades onde haja problematização, discussões e reflexões de questões sobre as ciências (MOURA e GUERRA, 2016).

Também entendemos que esses processos são potencializados pela realização de atividades que busquem desenvolver um *interesse situacional* (HIDI e RENNINGER,

2006). Entretanto, durante o desenvolvimento de um *interesse situacional*, se o apoio externo for extinguido, qualquer etapa de desenvolvimento de interesse pode tornar-se adormecida, regredir a uma etapa anterior ou desaparecer completamente (RENNINGER, 2000).

Assim, apesar de reconhecermos que a NHL, o MI e as *Aulas com Slides* geraram discussões em torno ao estudo histórico das práticas científicas do episódio selecionado, entendemos que era necessário construir estratégias que permitissem aos estudantes continuar as reflexões levantadas nas atividades inicias. Na literatura, são apontados alguns tipos de atividades que podem contribuir com o desenvolvimento de interesse, como atividades com instrução e trabalhos cooperativos para desenvolver um projeto comum (HIDI e RENNINGER, 2006). Com base nesse propósito foi construído a atividade NHE.

As etapas associadas à estratégia da NHE foram as mais modificadas na TLS, pois reconhecemos que nelas convergem os objetivos das atividades anteriores e é o momento previsto para potencializar as reflexões dos estudantes, diante da possibilidade de desenvolvimento de um *interesse individual* no tema da NHE (RENNINGER, 2000). Em 2015, a escrita da NHE foi apresentada com o objetivo de possibilitar aos estudantes uma experiência educacional imersiva, através da articulação entre um estudo histórico e científico e a escrita de uma narrativa (SCHIFFER e GUERRA, 2019; HADZIGEORGIOU, 2016). Entendemos que a escrita de uma NH possibilitaria a utilização do gênero narrativo como forma de gerar envolvimento cognitivo e afetivo com o tema de estudo (HIDI e RENNINGER, 2006; RENNINGER, 2000). Fora isso, entendeu-se que envolvimento dos estudantes seria potencializado pela escolha do tema a ser desenvolvido na NHE.

A cada ano da TLS, os dados obtidos das etapas associadas à escrita da NHE apontaram potenciais e desafios dessa proposta. Reunimos evidências de que o gênero narrativo estimulou a escrita dos estudantes e gerou inquietações sobre o tema pesquisado. A linguagem e estrutura de uma narrativa possibilitaram a participação dos estudantes na construção do aspecto literário da NHE, engajando-os em discussões sobre como desenvolver esse aspecto, o que direcionou as pesquisas que realizaram e as reflexões sobre as ciências implementadas.

Ao longo dos três anos de avaliação das etapas da NHE, encontramos dados que indicam o envolvimento e interesse dos estudantes na atividade. Entendemos que as características do gênero narrativo foram fatores que motivaram os estudantes a buscarem mais informações para construir a estrutura da narrativa, gerar conexões entre eventos e desenvolver os dilemas dos personagens de forma coerente, em busca de uma *coerência consequencial* (KLASSEN e FROESE KLASSEN, 2013).

Por exemplo, ao selecionar um personagem dentro do tema da NHE, os estudantes precisaram conhecer seu histórico, os eventos do seu passado ou futuro, que relações ele tinha com outros personagens escolhidos para compor a NHE e como era o contexto social e político do recorte histórico em que aqueles personagens viviam. Alguns grupos pesquisaram sobre a arquitetura, sobre hábitos cotidianos, vestimenta e higiene de cidadãos no século XVII, o que enriqueceu a qualidade literária da NHE (OLSON e GODFREY, 2019; HERMAN, 2009).

A demanda na pesquisa, gerada pelo aspecto literário do gênero narrativo exigido na NHE, também foi encontrada quando os estudantes escreviam sobre o conteúdo científico. Entretanto, foram poucos os grupos que conseguiram dissertar sobre um conteúdo científico através da NHE. Encontramos mais exemplos de NHEs onde os estudantes copiaram e colaram trechos da pesquisa que continham, por exemplo, definições de conceitos, explicações de fenômenos ou de experimentos, ou descrições de análises matemáticas de fenômenos físicos. Ainda assim, entendemos que esse é um potencial do uso da escrita de narrativas.

Após apresentar alguns dos potenciais da proposta de produção da NHE, voltamos aos resultados de 2015 para destacar obstáculos enfrentados pelo professor. Encontramos NHEs produzidas em 2015 que apontaram que os estudantes interpretaram a atividade como um trabalho escolar unicamente conteudista. Isto é, as NHEs foram produzidas de forma “mecânica”, com trechos de textos sendo recortados das fontes de pesquisa e arrumados na NHE numa ordem semelhante a presente nessas fontes de pesquisa, onde os eventos históricos eram cronologicamente narrados (KLEIN, 1999). Em alguns desses casos, as NHEs ficaram semelhantes à NHL e foram construídas a partir de eventos que já haviam sido estudados em sala de aula.

Dessa forma, o desenvolvimento de estratégias, em 2016 e 2018, buscou potencializar o desenvolvimento do *interesse individual* dos estudantes no tema da

NHE e, assim, a vontade de “saber mais” para escrever a NHE. Os resultados da DBR apontam como estratégias capazes de potencializar a escrita da NHE: entrega e discussão de um roteiro orientando a escrita da NHE, não sugestão de temas para a NHE, escrita de um rascunho da NHE e discussão do mesmo com o professor e leitura e discussão por estudantes de uma NHE não escrita por eles.

O rascunho se mostrou uma estratégia que potencializou a escrita da NHE. Na aula em que ele foi discutido, o professor conseguiu, com cada grupo de estudantes, debater os objetivos da NHE, conversar sobre o tema selecionado e discutir as ferramentas literárias inicialmente escolhidas pelos estudantes. Essa estratégia foi importante, principalmente, considerando a proposta de escolha de temas “livres”, pois ela possibilitou ao professor realizar uma análise prévia do tema selecionado, e, assim, orientar caminhos para a pesquisa a ser desenvolvida por parte dos estudantes. Os resultados da DBR indicam, ainda, que essas discussões auxiliaram os estudantes na identificação de práticas científicas do contexto histórico do tema selecionado.

A seleção de temas “livres” se mostrou uma estratégia importante por diferentes motivos. Primeiro, ela possibilitou que as reflexões geradas sobre o episódio histórico presente na NHL fossem expandidas para outro tema. Dessa forma, entendemos que foi possível ampliar o potencial da TLS, pois o estudo não ficou limitado a um conteúdo específico.

Devemos destacar que essa estratégia foi potencializada pelo caráter aberto das questões do MI, que geraram discussões entre os estudantes e o professor. Mesmo que, durante essas discussões, os estudantes, nos três anos da DBR, tenham reagido com estranhamento frente as questões do MI, nossos dados indicam que o MI inspirou a condução da pesquisa para a NHE. Isto é, nas NHE de 2018, reconhecemos que foram destacadas práticas científicas realizadas por personagens do tema selecionado e a seleção dessas práticas foi inspirada pelas discussões geradas no MI.

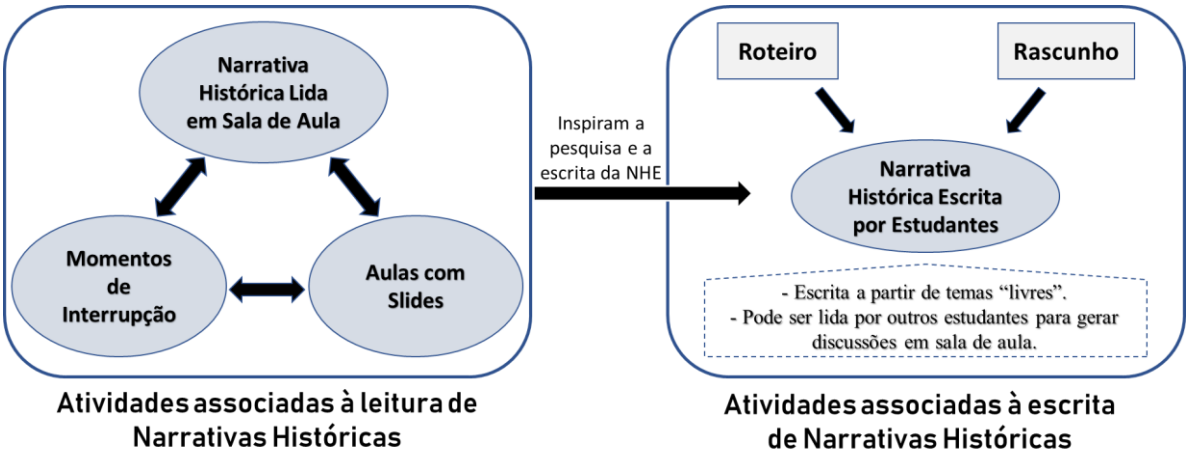
Além disso, a liberdade dada na escolha do tema ampliou seu recorte geopolítico. Apesar de ainda serem limitados à produção científica de personagens de origem europeia ou norte-americana, os temas “livres” trouxeram atores sociais, como técnicos, assistentes de laboratório e mulheres, além de espaços de produção de conhecimento científico não ressaltados na NHL, como congressos, hospitais e campos arqueológicos.

Os resultados sugerem que os estudantes pesquisaram e desenvolveram modos de produzir a escrita da NHE sobre práticas científicas realizadas por personagens de diferentes contextos históricos. Essa escrita foi potencializada pelas discussões geradas na análise do rascunho e pela escolha de temas "livres", o que motivou a produção das NHEs a partir do possível surgimento de um *interesse individual* nos estudantes.

Um último resultado da DBR ainda deve ser destacado. Nos anos de 2016 e 2018, as fontes das pesquisas realizadas para produzir as NHEs foram problematizadas pelo professor com os estudantes durante a TLS. Além de discussões sobre o acesso a material de pesquisa na internet e a dificuldade com a língua de muitas das fontes encontradas, durante as aulas o professor conseguiu trazer para as discussões a existência de diferentes linhas historiográficas e sua influência no material pesquisado (VIDEIRA, 2007).

Isso foi mais evidente em momentos nos quais os estudantes sentiam a necessidade de pesquisar sobre práticas científicas realizadas por personagens da NHE e não encontravam fontes adequadas. Apesar de não terem sido desenvolvidas estratégias específicas para discutir as fontes de pesquisa, reconhecemos que a escrita da NHE, inspirada pela HCC, também foi responsável por fazer com que o ato de pesquisar se tornasse um objeto de análise em sala de aula, resultando em discussões sobre as fontes consultadas e suas linhas historiográficas.

Em resumo, podemos dizer que o esquema a seguir sintetiza as estratégias relacionadas à leitura e escrita de NHs que foram desenvolvidas nas aulas de Física, com aporte histórico-cultural, e potencializaram discussões sobre práticas científicas.



Considerações Finais

Acreditamos que a DBR possibilitou a análise de estratégias desenvolvidas a partir da construção da TLSs que cumpriram nossos objetivos pedagógicos e levaram em consideração o contexto escolar e os interesses dos estudantes. As estratégias contemplaram um conteúdo científico e histórico e destacaram diferentes contextos históricos e práticas científicas realizadas nos respectivos recortes históricos. Fora isso, elas potencializaram trazer o aporte na HCC a aulas de Física e, com isso, estimular um posicionamento ativo dos estudantes e práticas dialógicas em sala de aula.

Durante essa tese, buscamos, ao invés de apresentar obstáculos que desestimulem professores de ciências a trabalhar com a abordagem histórica, destacar quais caminhos possibilitaram trazer um aporte histórico ao ensino de ciências. Mais do que isso, entendemos que essa tese tem valor, não somente pelas atividades e estratégias que foram desenvolvidas durante a DBR, mas pelas reflexões que construímos durante a realização das TLSs.

Acredito que a maior dificuldade de realizar essa pesquisa foi lidar com a diversidade de dimensões nas quais as TLSs estavam inseridas. Tratamos questões literárias, históricas, científicas, escolares e, sem dúvida, humanas. Foi um caminho de muitas incertezas, muitas angústias, mas que resultaram num projeto que foi coerente pedagogicamente, motivado politicamente, inspirado por questões pessoais e coletivas e realizado com a dedicação que nosso contexto político atual permite.

O desenvolvimento de uma Design Based Resarch se mostrou eficaz para lidar com essas questões. A realização da sequência cíclica de etapas permitiu uma sistematização que possibilitou que a pesquisa fosse realizada por três anos. Além disso, cada etapa da DBR teve um propósito que ajudou ao professor lidar com a complexidade do contexto escolar.

Por fim, a realização da DBR foi potencializada pela participação do professor no grupo NIEHCC, que não teve apenas uma "participação" na pesquisa para a tese. Entendo que as reuniões semanais, nas quais foram realizados debates, consultas, críticas e sugestões sobre as etapas da DBR durante os quatro anos constituíram os objetivos pedagógicos, as dimensões teóricas, empíricas e éticas sobre o que foi construído nesse percurso. Por esse motivo, eu entendo essa pesquisa não como uma

ação individual, mas sim, coletiva, o que fez com que eu fizesse referência à minha pessoa como “o professor” durante essa pesquisa.

Referências

ALMEIDA, M.J.; SILVA, H.C.; MACHADO, J.L.M. Condições de produção no funcionamento da leitura na educação em física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 1, 2001.

ALVIM, M.H.; ZANOTELLO, M. História das ciências e educação científica em uma perspectiva discursiva: contribuições para a formação cidadã e reflexiva. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 2, p. 349-359, 2014.

ANDERSON, T., & SHATTUCK, J. Design-based research: A decade of progress in education research? **Educational researcher**, v. 41, n. 1, p. 16-25, 2012.

ADURIZ-BRAVO, A. e REVEL CHION, A. El pensamiento narrativo en la Enseñanza de las ciencias, **Inter-Ação**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 691-704, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5216/ia.v41i3.41940>

BARTHES, R. “Introduction to the Structural Analysis of Narratives,” trans. S. Heath. In **Image Music Text** (p. 79–124). New York: Hill & Wang, 1977.

BELL, P.; HOADLEY, C. M.; LINN, M. C. Design-based research in education. **Internet environments for science education**, v. 2004, p. 73-85, 2004.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em Educação – Uma introdução à teoria e aos métodos**, Porto Editora, 1999.

BRILL, G., FALK, H. & YARDEN, Y. The learning processes of two high-school biology students when reading primary literature, **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 4, p. 497–512, 2004.

BROCKLISS, L. Starting-Out, Getting-On and becoming Famous in the Eighteenth-Century Republic of Letters, In: **History of Science and Medicine Library**, Ed: M. Feingold, v. 9, p. 71-100, 2013.

BROWN, A. Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. **The Journal of the Learning Science**, v. 2, n. 2, p. 141-178, 1992. DOI:10.1207/s15327809jls0202_2

BRUNER, J. S. **Making stories: Law, literature, life**. Nova York: Farrar, Straus and Giroux, 2004a.

BRUNER, J. S. **Life as a Narrative**, Social Research, v. 71, n. 3, 2004b.

BRUNER, J. S. **Acts of Meaning**. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London, 1990.

BRUNER, J. S. **Actual minds, possible worlds**. Harvard University Press Cambridge, 1986.

BURKE, P. A República das Letras Europeia, 1500-2000. **Estudos Avançados**, v. 25, n.72, p 277-288, 2011.

BURKE, P. **O que é História Cultural?** Trad. Sergio Goes de Paula 2ª ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editora, 2008.

BURKE, P. **Uma história social do conhecimento: de Gutemberg a Diderot**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

CARTER, L. The elephant in the room: Science education, neoliberalism and resistance. In **Activist science and technology education** (p. 23-36). Springer, Dordrecht, 2014.

CETINA, K. K., SCHATZKI, T. R., & VON SAVIGNY, E. (Eds.) **The practice turn in contemporary theory**. Routledge, 2005.

CLOUGH, M. The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. **Science & Education**, v. 20, n. 7, p 701–717, 2011.

CLOUGH, M. Humanizing Science to Improve Post-Secondary Science Education. **International History, Philosophy and Science Teaching Conference**, University of Notre Dame, June 24-28, 2009.

COLLINS, H. Can we teach people what science is really like?. **Science Education**, v. 99, n. 6, p. 1049-1054, 2015.

COLLINS, A. Toward a design science of education. In Scanlon, E., & O'Shea, T. (Orgs.). **New directions in educational technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1992.

DAELE, W. V. D. Institutionalisation and Definition of Positive Science in the Latter Half of the Seventeenth Century, In. **The Social production of scientific knowledge**, Ed. Mendelsohn, E.; Weingart, P.; Whitley, R., D. Reidel Publishing Company, 1977.

DASTON, L. On Scientific Observation, **Isis**. v. 99, n. 1, p. 97-110, 2008. http://www.jstor.org/stable/10.1086/587535, Accessed: 22/12/2015.

DASTON, L. The Ideal and Reality of the Republic of Letters in the Enlightenment. **Science in context**, v. 4, n. 2, p. 367-386, 1991.

DASTON, L.; LUNDBECK, E. (Ed.) **Histories of scientific observation**. Chicago: The University of Chicago Press, 2011.

DASTON, L. e GALISON, P. **Objectivity**, Zone Books, 2007.

DBR-COLLECTIVE. Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 5–8, 2003. DOI:10.3102/0013189X032001005

DODICK, J.; ARGAMON, S.; CHASE, P. Understanding Scientific Methodology in the Historical and Experimental Sciences via Language Analysis, **Science & Education**, v. 18, p. 985–1004, 2009.

DRUMMOND, J.M.H.F.; NICÁCIO, J.D.S; SKEETE Jr., A.W., SILVA, M.M.S.; CÂMARA, A.T.A; BEZERRA, F.V. Narrativas históricas: gravidade, sistemas de mundo e natureza da Ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 99-141, 2015.

FITAS, A.J.S. Uma Controvérsia na História da Física. **Vértice**, n. 56, p. 49-61, 1993.

FORATO, T. C. de M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. de A. History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. **Science & Education**, vol. 1, n. 5, p. 657-682, 2012.

FORD, M. J. Educational implications of choosing “practice” to describe science in the Next Generation Science Standards. **Science Education**, v. 99, n. 6, p. 1041-1048, 2015.

FROESE KLASSEN, C. A Methodology for Analyzing Science Stories November **Interchange**, v. 45, n. 3-4, 2015. DOI: 10.1007/s10780-015-9232-z

FROESE KLASSEN, C. “Stories” created for science teaching: A critical analysis. In P. Heering, S. Klassen & D. Metz (Eds.), **Enabling Scientific Understanding through Historical Instruments and Experiments in Formal and Non-Formal Learning Environments**. Flensburg: Flensburg University Press, p. 323-336, 2013.

GALISON, P. **How experiments end**. Chicago: University of Chicago Press, 1987.

GANDOLFI, H. E. In defense of non-epistemic aspects of nature of science: insights from an intercultural approach to history of science. **Cultural Studies of Science Education**, p. 1-11, 2018.

GAVROGLU, K. The ideology of popularization and the popularization of ideology: Some issues for the History of Science, **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p. 224-231, 2012.

GAVROGLU, K. Uma categoria historiográfica extraordinariamente útil: A prática científica, In: **O Passado das Ciências como História**, Ed. Kostas Gavroglu, p. 207-231, 2007.

GERE, A. R., LIMLAMAI, N., WILSON, E., MACDOUGALL SAYLOR, K., & PUGH, R.. Writing and Conceptual Learning in Science: An Analysis of Assignments. **Written Communication**, 36(1), 99-135, 2019.

GINZBURG, C. **O queijo e os vermes: o cotidiano e as idéias de um moleiro perseguido pela Inquisição**. Editora Companhia das Letras, 2017.

GOODMAN, D. **The republic of letters: A cultural history of the French Enlightenment**. Cornell University Press, 1996.

GRAESSER, A. C. **Prose comprehension beyond the word**. New York: Springer-Verlag, 1981.

GRAHAM, S.; HARRIS, K. R. Evidence-based Practices in Writing. In. **Best Practices in Writing Instruction**, Eds. Steve Graham, Charles A. MacArthur e Michael Hebert, 3a Ed., 2019.

GURGEL, I.; PIETROCOLA, M.; CARDOSO, D. The Role of Narrative Thinking in Learning Scientific Concepts. In: **Crossing the Border of the Traditional Science Curriculum**. SensePublishers, Rotterdam, 2017. p. 207-225.

GURGEL, I.; WATANABE, G. **A Elaboração de Narrativas em Aulas de Física: A Aprendizagem em Ciências como Manifestação Cultural**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

HADZIGEORGIOU, Y. **Imaginative Science Education**, Springer, 2016.

HADZIGEORGIOU, Y.; KLASSEN, S. e KLASSEN, C. F. Encouraging a "Romantic Understanding" of Science: The Effect of the Nikola Tesla Story, **Science &Education Online**, 2011.

HENKE, A., HÖTTECKE, D. Physics Teachers' Challenges in Using History and Philosophy of Science in Teaching, **Science & Education**, v. 24, n. 4, p 349–385, 2015.

HERMAN, D. **Basic Elements of Narrative**. Wiley-Blackwell, 2009.

HARRÉ, R. Some narrative conventions of scientific discourse. In: **Narrative in culture**. Routledge, 2005. p. 99-118.

HERMAN, D. How Stories make us Smarter: Narrative theory and cognitive semiotics. **Recherches en communication**, n. 19, 2003.

HEERING, P. Storytelling als Zugang zur Bildung in den Naturwissenschaften. **PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur** DPG-Frühjahrstagung, 2013.

HEERING, P. False Friends: What Makes a Story Inadequate for Science Teaching? **Interchange**, v.. 41, n. 4, p. 323–333, 2010. DOI: 10.1007/s10780-010-9133-0

HIDI, S.; RENNINGER, K. A. The four-phase model of interest development. **Educational psychologist**, v. 41, n. 2, p. 111-127, 2006.

HIDI, S.; ANDERSON, V. Situational interest and its impact on reading and expository writing. **The role of interest in learning and development**, v. 11, p. 213-214, 1992.

HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: An analysis of obstacles. **Science & Education**, v. 20, n. 3-4, p. 293-316, 2011.

HOFMANN, J. Leibniz, parte III, Matemática, In: **Dicionário de Biografias Científicas**, v. II, Rio de janeiro: Contraponto Editora, p. 1607-1613, 2007.

ILTIS, C. The Leibnizian-Newtonian debates: Natural Philosophy and Social Psychology, In: **The British Journal for the History of Science**, v. 6, n. 4, p. 343-377, 1973.

JARDIM, W. T.; GUERRA, A. República das Letras, Academias e Sociedades Científicas no Século XVIII: A Garrafa de Leiden e a Ciência no Ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, p. 774-797, 2017.

JOLLEY, N. **Cambridge Companion to Leibniz**. Cambridge University Press, 1994.

KLASSEN, S. The Relation of Story Structure to a Model of Conceptual Change in Science Learning, **Science & Education**, v. 19, n. 3, p. 305–31, 2010.

KLASSEN, S. The construction and analysis of a science story: a proposed Methodology. **Science & Education**, v. 18, n. 3-4, p. 401-423, 2009a.

KLASSEN, S. Identifying and Addressing Student Difficulties with the Millikan Oil Drop Experiment. **Science & Education**, v. 18, n. 5, p. 593-607, 2009b.

KLASSEN, S., & FROESE-KLASSEN, C. Science teaching with historically based stories: Theoretical and practical perspectives. In M. Matthews (Ed.), **International handbook of research in history and philosophy for science and mathematics education** (pp. 1503–1529). Berlin: Springer, 2014a.

KLASSEN, S., & FROESE-KLASSEN, C. The role of interest in learning science through stories. **Interchange**, n. 45, p. 133–151, 2014b.

KLASSEN, S., FROESE KLASSEN, C. Raising Interest in Interest: A Critical Component in Learning Science through Stories and Informal Learning Environments. In P. Heering, S. Klassen, & D. Metz, (Eds.) **Flensburg Studies on the History and Philosophy of Science in Science Education**, vol. 2. Flensburg: Flensburg University Press (this volume), 2013.

KLEIN, U. **Experiments, Models, Paper Tools: Cultures of Organic Chemistry in the Nineteenth Century (Writing Science**), Stanford University Press, 2003.

KLEIN, P. D. Reopening inquiry into cognitive processes in writing-to-learn. **Educational psychology review**, v. 11, n. 3, p. 203-270, 1999.

KNEUBIL, F. B., & PIETROCOLA, M. A Pesquisa Baseada em Design: Visão geral e Contribuições para o Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 1-16, 2017.

KNEUBIL, F. B. O Percurso Epistemológico dos Saberes e a Equivalência Massa-Energia (SP). **Tese de Doutorado**. Programa de pós-graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Recuperado de http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-16032015-151339/pt-br.php, 2014.

KREILING, F. C. Leibniz. **Scientific American**, v. 218, n. 5, p. 94-101, 1968.

LAMARQUE, P. Narrative and Invention: The Limits of Fictionality. Narrative in Culture; **The Uses of Storytelling in the Sciences, Philosophy, and Literature**. Ed. Cristopher Nash. Routledge, 2005.

LARISON, K. D. Taking the Scientist's Perspective. **Science & Education**, v. 27, n. 1-2, p. 133-157, 2018.

LEIBNIZ, G.W. **The Leibniz-Clarke Correspondence**. Ed. H.G. Alexander, Manchester, Manchester University Press, 1976.

_____. in Col. **Os Pensadores Leibniz-Newton**. Abril Cultural. São Paulo, 1974.

LEDERMAN, N.G. e ABD-EL-KHALICK, F.; The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science, **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000.

MARRAS, C. Leibniz Citizen of the Republic of Letters: Some Remarks on the Interconnection Between Language and Politics. **Studia Leibnitiana**, v. 43, n. 1, p. 54-69, 2011.

MARCUSCHI, L.A. **Da fala para a escrita: atividades de retextualização**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2010.

MARTINS, A.F.P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MARTINS, I. **O livro didático de Ciências: contextos de exigência, critérios de seleção, práticas de leitura e uso em sala de aula**. Eds. Isabel Martins, Guaracira Gouvêa e Rita Vilanova, Rio de Janeiro, 2012.

MCCLELLAN III, J. Scientific Institutions and the organization of Science, In. **The Cambridge History of Science, The eighteenth century**, v. 4, Cambridge University Press, 2003.

MCGUIRE, J.; TUCHANSKA, B. Da ciência descontextualizada à ciência no contexto social e histórico. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p. 151-182, 2013.

METZ, D. We Now Interrupt the Story: Mediating Student Learning Using Historical Stories. **Ninth International History, Philosophy and Science Teaching Conference**, University of Calgary, Calgary, Canada, 2007.

METZ, D.; KLASSEN, S.; MCMILLAN, B.; CLOUGH, M.; OLSON, J. Building a Foundation for the Use of Historical Narratives. **Science & Education**, n. 16, p. 313–334, 2007.

METZ, D. Using Historical Narratives to Guide Science Experiments. **Fifth International Conference for History of Science in Science Education** Keszthely, Hungary,p. 113–124, 2004.

MILNE, C Philosophically Correct Science Stories? Examining the Implications of Heroic Science Stories for School Science, **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 2, p. 175–187, 1998.

MILNE, C. Is it fair science? School science stories of discovery. In E. Godfrey (Ed.), **Proceedings of the Second Australasia and the South Pacific Region GASAT Conference,** Auckland, New Zealand: University of Auckland, pp. 86–95, 1996a.

MILNE, C.E. Looking for social justice in school science: Reconstructing school science stories. **Paper presented at the 21st annual conference of Western Australian Science Educators Association**, Perth, Western Australia, 1996b.

MODY, C. C. M. Scientific Practice and Science Education; **Science Education**, v. 99, n. 6, p. 1026–1032, 2015.

MORUS, I. R. Invisible Technicians, Instrument-makers and Artisans. In: **A Companion to the History of Science**, First Edition. Ed. by Bernard Lightman, John Wiley & Sons, 2016.

MOURA, C. Educação Científica, História Cultural da Ciência e Currículo: Articulações Possíveis. Tese de Doutorado, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), 2019.

MOURA, C. B.; GUERRA, A. História Cultural da Ciência: Um Caminho Possível para a Discussão sobre as Práticas Científicas no Ensino de Ciências?. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 3, p. 725-748, 2016.

NEWTON, I. **Princípios matemáticos**. Abril cultural, 1979.

NORRIS, S.P.; GUILBERT, S.M.; SMITH, M.L.; HAKIMELAHI, S.; PHILLIPS, L.M. A Theoretical Framework for Narrative Explanation in Science. Published online on May 27th in **Wiley InterScience**: www.interscience.wiley.com Accessed 10 November 2013, 2005.

OLSON, C. B.; GODFREY, L. Narrative Writing. In. **Best Practices in Writing Instruction**, Eds. Steve Graham, Charles A. MacArthur e Michael Hebert, 3a Ed., 2019.

PAL, C. **Republic of women: rethinking the republic of letters in the seventeenth century**, Cambridge University Press, 2012.

PESTRE D. Por uma nova história social e cultural das ciências: novas definições, novos objetos, novas abordagens, **Cadernos IG/UNICAMP**, v. 6, n. 1. p. 3-56, 1996.

PILIOURAS, P.; SIAKAS, S.; SEROGLOU, F. Pupils Produce their Own Narratives Inspired by the History of Science: Animation Movies Concerning the Geocentric–Heliocentric Debate. **Science & Education**, vol. 2, n. 7-8, pp. 761-79, 2010.

PIMENTEL, J. O qué es la Historia Cultural de la Ciencia? ARBOR Ciencia, **Pensamiento y Cultura CLXXXVI**, n. 743, p. 417-424, 2010.

PIMENTEL, J. La revolución científica. **Historia de Europa**, Autores: Miguel Artola Gallego, Martín Almagro Gorbea, Julio A. Pardos Martínez, v. 2, p. 163-238, 2007.

RENNINGER, K. A. Individual interest and its implications for understanding intrinsic motivation. In: **Intrinsic and extrinsic motivation**. 2000. p. 373-404.

RILEY, P. **Leibniz' universal jurisprudence: justice as the charity of the wise**. Harvard University Press, 1996.

RIVARD, L. P. and STRAW, S. B. The effect of talk and writing on learning science: An exploratory study. **Science Education**, v. 84: p. 566–593, 2000.

ROSS, A.S. Daum's boys, Manchester University Press, 2015.

SCHIFFER, H.; GUERRA, A. Problematizando Práticas Científicas em Aulas de Física: o uso de uma História Interrompida para se Discutir Ciência de Forma Epistemológica-Contextual. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 95-127, 2019.

SCHIFFER, H.; GUERRA, A. Electricity and Vital Force: Discussing the Nature of Science through a Historical Narrative. **Science & Education**, May 2015, v. 24, n.4, p. 409-434, 2015.

SCHIFFER, H.; GUERRA, A. A utilização de narrativas históricas na construção do conceito de energia: um estudo de caso. In: **Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências**, Campinas. VIII ENPEC - I CIEC, 2012.

SCHIFFER, H. Narrativas Históricas: Discutindo a Natureza da Ciência através de uma abordagem histórico-filosófica, RJ. **Dissertação de Mestrado**. Programa de pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do CEFET/RJ, 2013.

SOUZA, S.C. e ALMEIDA, M.J.P.M. Escrita no ensino de ciências: Autores do ensino fundamental. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 3, p. 367-382, 2005.

STINNER, A., MCMILLAN, B. A., METZ, D., JILEK, J. M., & KLASSEN, S. The renewal of case studies in science education. **Science & Education**, v. 12, n. 7, p. 617-643, 2003.

TADDEI, A. M. S. M. Da Narrativa e do Narrador em Walter Benjamin. **Oralidades**, v. *3*, n. 5, p. 15-30, 2009.

TERRA, M. R. Letramento & letramentos: uma perspectiva sócio-cultural dos usos da escrita, **D.E.L.T.A.**, v. 29, n. 1, p. 29-58, 2013.

THURS, D. P. That the Scientific Method accurately reflects what scientists actually do, In: **Newton's apple and other myths about Science**, Ed. Ronald L. Numbers and Kostas Kampourakis, p. 210-218, 2015.

VAN DEN AKKER, J. Principles and methods of development research. In Van den Akker, J. et al. (Org.) **The Design methodology and developmental research in education and training** (pp.1-14). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999.

VAN EIJCK, M; ROTH, W-M Keeping the local local: Recalibrating the status of science and traditional ecological knowledge (TEK) in education. **Science Education** v. 91, n. 6, 2007.

VIDEIRA, A.A.P. Historiografa e história da ciência, Escritos. **Revista do Centro de Pesquisa da Casa de Rui Barbosa**. Ano 1, n. 1, p. 111-158, 2007.

VITAL, A.; GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 225-257, 2014.

ZABRUCKY, K. & MOORE, D. Influence of text genre on adults' monitoring of understanding and recall. **Educational Gerontology**, n. 25, p. 691–710, 1999.

Apêndice I – Parte 1 da Narrativa Histórica e Questões (ano 2015)

Um almoço com a nobreza

"Por que as coisas existem? Por que as coisas são como são e não de outro modo?" Era cedo, quando essas palavras preenchiam a mente de um jovem orgulhoso que procurava uma roupa elegante o suficiente para almoçar com um Barão. Papéis rabiscados tomavam sua mesa e parte do chão, enquanto o estalar de sua fogueira tentava distrai-lo inutilmente. Nada iria impedi-lo de impressionar o recém-conhecido nesta ocasião. Estava vivendo sua chance de se afastar da vida acadêmica e ingressar no mundo das leis, do Direito, e realmente *beneficiar a humanidade*.

Talvez tenha sido este seu pensamento logo após a defesa de sua dissertação, *De Casibus Perplexis,* que lhe conferiu o título de Doutor em Direito em Fevereiro daquele mesmo ano, 1667. A reação da plateia lhe deixou entusiasmado e ali ele soube que havia tomado a decisão certa ao ingressar na Universidade de Altdorf após abandonar a Universidade de Leipzig, onde seu título de Doutor fora rejeitado por uma razão pífia: ele ser *jovem demais*. "*Para tudo encontramos uma razão, mesmo que discordemos dela"* – pensou ao abotoar sua melhor camisa.

Talvez seja prudente eu levar uma cópia deste meu trabalho; o barão Johann von Boyneburg pode querer consulta-la após a refeição! A ideia de carregar páginas de textos e ler antes ou após a refeição não lhe soava estranha, pois desde cedo seu amor pela leitura foi reconhecido por todos com quem frequentava. Grande fora sua sorte quando, após a morte de seu pai, ganhou acesso à sua biblioteca particular e, desde então, não parava de ler todos os livros, cartas e rascunhos nos quais conseguia colocar as mãos.

Recomponha-se, imediatamente. Dessa forma, suprimiu sua ansiedade e, elegantemente, saiu à rua com um passo firme enquanto o vento gélido da cidade de Mainz lhe cortava o rosto. Sua ansiedade também era devida à possibilidade do Barão ter convidado um político influente da cidade, o Arcebispo J.P. von Schönborn. Certamente sua vasta leitura, tanto sobre direito, quanto teologia, o auxiliaria nas discussões que tomariam a maior parte do almoço. Através do arcebispo, sua esperança seria a possibilidade de participar de uma *tão necessária* reforma jurídica do Sacro Império Romano-Germânico. E, mesmo com toda sua instrução, etiqueta e disciplina, o jovem Gottfried Wilhelm Leibniz foi obrigado a notar que suas pernas tremiam. E não era somente pelo frio.

Questões

I. O local onde uma pessoa nasça auxilia a definir suas decisões de vida? E suas origens familiares?

II. Qual é a importância da leitura para a vida de alguém?

III. É possível que áreas consideradas distintas, como o Direito e a Física (ou Filosofia, Teologia, Biologia, Química,...), gerem influências na(s) outra(s)? Em que grau? Como vocês relacionariam algumas dessas áreas? Cite um exemplo.

Apêndice II – Parte 2 da Narrativa Histórica e Questões (ano 2015)

A carta incompleta

Parecia que seu sonho havia se tornado realidade. Com o apoio do duque Ernst Augustus, Leibniz teria o acesso a arquivos e bibliotecas que tanto almejava para produzir o que lhe foi encarregado. Produzir uma genealogia da família Brunswick não seria uma tarefa fácil, mas daria direitos de reivindicação de terras aos seus membros e, claro, financiamento para Leibniz continuar suas viagens pela Europa.

Já havia passado mais de dez anos após a morte de Boyneburg, em 1672, e de Schönborn, em 1673, influências que tanto lhe alavancaram à vida política. Diante do apoio e das missões para as quais fora incumbido Leibniz conseguiu viajar para cidades como Londres, Delft e Paris. Sua vida política havia sido agitada. Em certo momento, buscou negociar a paz com a Inglaterra, enquanto em outro incentivou a invasão francesa no Egito, para assim livrar os Estados Germânicos do perigo ao lado. Durante estas viagens Leibniz se encantou com a vida científica e intelectual, principalmente de Paris. Esteve em contato e pôde travar debates científicos com filósofos naturais como Hooke, Boyle, Oldenburg, Leeuwenhoek e Christiaan Huygens. A troca de cartas com alguns destes ainda lhe rendia intensas reflexões sobre a natureza. Mal Leibniz havia sentado para terminar uma delas, um assistente lhe trazia novos documentos oficiais da cidade de Hanôver que o tomariam a atenção durante horas. Enquanto isso, a carta lhe esperava...

“Meu caro Christiaan, tanto gostaria de tê-lo ao meu lado enquanto busco palavras para terminar meu ensaio sobre a real medida do movimento. Apesar de nossa proximidade, sinto que posso distraí-lo da montagem de sua grande obra. Ainda assim, creio que minhas críticas ao trabalho do Sr. Descartes tanto podem refletir sobre suas conquistas, quanto podem ser interpretadas de modo negativo perante membros da Académie des Sciences. Se minha afiliação já fora rejeitada, é possível que nunca venha a ser concretizada, caso meus temores se tornem reais.

Não me parece que a tal grandeza, definida pelo tal e compartilhada pelo senhor, como Quantidade de Movimento sirva como medida verdadeira do movimento. Da maneira como ela tem sido proposta, dois corpos que contenham medidas iguais, mas com sentidos opostos, apresentariam um total desta grandeza de valor nulo. Seria difícil fazer-me crer que Deus teria criado o movimento e atribuído aos corpos uma “força motora”, cujo valor total se conserve, mas que possa obter valor total nulo. Venho tentado demonstrar que existe outra grandeza que seja responsável pela dinâmica universal e que se conserve em todos os corpos, uma verdadeira “força viva” à qual nomeei vis viva. Esta não depende do produto da massa pela velocidade de um objeto, mas pelo quadrado da velocidade.

Concordemos que o movimento é relativo. Mesmo diante da dificuldade de identificarmos o movimento constante, caso não contemos com nenhum referencial confiável, não podemos associá-lo somente a uma mudança de posição: a causa do movimento deve ser uma força inerente. Isto deve servir como argumentação extra contra os materialistas, mas,

principalmente aos que negam a perfeição do nosso universo. Eis que proponho que nos debrucemos sobre a vis viva. Como o senhor mesmo poderá deduzir, esta grandeza é conservada mesmo nos casos de colisão elástica por ti, e pelo outro, trabalhados. Há quem a rejeite diante da dificuldade de enxergar sua conservação em colisões inelásticas, mas eu lhe digo: ela pode parecer se desfazer aos nossos olhos, mas perdura em cada partícula dos corpos em questão.

Com efeito, Deus a teria criado como uma realidade física última, conservada durante nossa existência, mantendo esse o melhor arranjo que um mundo possa apresentar. A nós nos cabe sua medida, a qual podemos encontrar, p.ex., também na altura que um corpo é capaz de subir e que é facilmente deduzida pelas deduções de Galileu e relacionada à mV^2.

Apesar de concordarmos com o princípio da conservação, creio a real medida do movimento a vis viva e não a proposta em vossos trabalhos. Tomarei um tempo para organizar meu material e lhe enviarei uma versão assim que possível."

Além disso, tenho considerações sobre sua teoria do vórtice..."

Diante de tantos papéis ofuscando a carta, seus escritos somados a documentos oficiais, se Leibniz iria se lembrar de termina-la e enviá-la, não sabia a resposta.

Questões

I. Podemos dizer que os filósofos naturais (ou cientistas de hoje) trabalham isoladamente? O conhecimento científico é construído socialmente? Qual é o papel do indivíduo?

II. A política influencia ou é influenciada pela ciência? E qual é a importância de instituições científicas para o desenvolvimento de conhecimento científico? Elas existem ainda hoje? Você saberia citar uma delas?

III. O que é um princípio? Qual é a importância dos princípios para a ciência?

IV. Sempre encontramos algum princípio nos argumentos de alguém em um debate? Explicitamente ou implicitamente? Pense em alguma ideia ou visão que você tenha sobre o mundo ou alguma crença e busque definir um princípio que está presente ali (caso exista, você pode nunca tê-lo reconhecido)?

Apêndice III – Parte 3 da Narrativa Histórica e Questões (ano 2015)

Uma controvérsia matemática

Se eu reconheço o nome “Newton”? Sim, está surpreso? Já o ouvi antes de você, aposto, mas isso faz tempo. Lembro-me bem daquela época. As ruas imundas e os mercados lotados, em uma mistura de odores, onde era possível captar alguns dos maravilhosos perfumes da alta cultura cruzando ao som das carruagens. Mas, o que mais se sentia nas ruas era o cheiro de estrume, mesmo.

Mesmo após tornar-se eleitorado, a cidade de Hanôver não conseguiu esconder o contraste entre seus habitantes. Naquele tempo, eu morava lá e percorrer longas distâncias pelas suas ruas era minha especialidade; cruzando ruelas, utilizando atalhos e atravessando a multidão nas praças me tornava um garoto de entregas excepcional. Em certas entregas, eu conhecia gente importante, daquele tipo que interrompia o odor das ruas. Houve um senhor a quem o nome “Newton” não agradava nem um pouco, a quem nunca irei esquecer.

Era início de 1699 e eu me dirigia para entregar uma carta ao Sr. Gottfried W. Leibniz, o mesmo que ajudou àquela cidade a torna-la eleitorado. Sua casa era imensa, eu até perdi a conta do número de andares. Ao invés de ser recebido por serviçais, fui atendido pelo próprio, que me recebeu com toda cortesia que alguém visivelmente ansioso conseguiu dispor. Não era apropriado, mas, diante do frio, eu aceitei entrar para tomar uma bebida quente; e de qualidade!

Ao abrir e ler a carta, o Sr. Leibniz não pode conter a irritação. “Como pôde este recém-ingressado me contestar? Absurdo!” – soltou, mal notando que eu estava a observar. Perguntei-lhe se estava bem e, ambos encabulados, ingressamos em uma conversa bastante complicada para minha pessoa, mas que me entreteve e me mostrou um jeito de pensar que nem imaginava.

Ao que me lembro, pouco tempo antes, um tal de Fatio de Duillier havia escrito um tratado no qual o acusava de ter roubado as ideias sobre uns novos métodos matemáticos de um outro senhor, chamado Newton. Aparentemente, na carta estavam tentando tranquiliza-lo, pois ninguém aceitaria as acusações de um membro mais novo que ele (e suíço!) de uma sociedade chamada Royal Society, que ficava em Londres. Ainda assim, este trabalho havia sido publicado e estava sendo bastante comentado por defensores dos princípios matemáticos de Newton, inflando as críticas sobre sua originalidade matemática.

“Meus métodos são inovadores, absolutamente originais! Veja só, meu caro, enquanto o Sr. Newton propõe um método no qual as variações das funções são comparadas ao movimento de corpos, em meus trabalhos eu exploro questões mais fundamentais. Acredito que este próprio Duillier não tenha a capacidade de compreender questões profundas sobre geometria, quanto menos o significado de trabalhar com quantidades infinitamente pequenas, como eu proponho!”

“Desculpe-me, senhor, mas eu não compreendo o que está a me explicar. Como assim,

quantidades infinitamente pequenas?"

"Perdoe minha catarse. Duvido que minhas inquietações sejam do seu interesse. Mas, diante da sua pergunta, lhe retorno outra: que natureza seria a nossa se pudéssemos dividir certo corpo até encontrar um pedaço fundamental, um limite, um final? Não seria isto um absurdo? Um universo limitado, finito, composto de pedaços fundamentais iguais é o desejo daqueles que creem alcançar a onisciência do nosso Deus. Creio no poderio do nosso criador em formar um universo cuja complexidade nos seria impossível de compreender. Poderíamos dividir e dividir certo objeto e nunca chegar à sua essência. Cada corpo, objeto e ser desse universo é único, não existe nenhum igual, logo, por qual razão nosso criador haveria de constituir sua criação com pedaços finitos idênticos? Eis o que me referi à quantidades infinitamente pequenas."

É, meu caro, tampouco eu compreendi aquelas questões na época e minha memória me falta com detalhes sobre a conversa. Palavras como átomo e vácuo foram proferidas durante o restante da conversa, mas eu não conseguia acompanhar seus argumentos que misturavam ideias sobre como é formada a natureza, raciocínios matemáticos e sua admiração pelo nosso criador. Mantendo minha bebida em mãos, após terminar de ouvir sua lógica peculiar, lhe perguntei como aquela disputa seria resolvida, se a crítica parecia estar ganhando ouvidos.

"No momento, creio que deixarei este assunto de lado. Há assuntos mais urgentes para tratar, pois em alguns meses iremos inaugurar uma academia científica em Berlim. Além disso, há compromissos com a realeza que ainda tomam muito do meu tempo disponível. Caso meus temores tornem-se realidade, serei obrigado a requisitar uma audiência com os membros da Royal Society para demonstrar, definitivamente, que tanto minha obra matemática fora publicada sem conhecimento do método do Sr. Newton, como ela é desassociada ao trabalho do mesmo."

É triste lembrar que, apesar de sua grande influência na cidade na época, eu ouvi dizerem que seus últimos anos não foram de glória. Com as constantes mortes de seus patronos e ignorado pela realeza da época, este senhor passou seus últimos anos trabalhando doente e seu funeral teve apenas seu secretário presente. Não posso deixar de imaginar que isso tenha alguma relação com sua disputa com o tal Sr. Newton.

Enquanto isso, o trabalho deste senhor está sendo publicado aqui, em Paris, traduzido, nada mais, nada menos, que por uma mulher! Além disso, ouvi em outras conversas que ela acrescentou ideias do próprio Leibniz em seus escritos! Irônico, não? Como eu soube disso? Basta dizer que hoje eu posso até não saber ou conseguir andar na mesma rapidez nesta cidade, mas os perfumes na rua são muito melhores...

Questões

I. O que vocês acham sobre o comentário "a matemática é a linguagem da ciência"? Como podemos entender a matemática como uma linguagem? Pode-se fazer ciência sem matemática? E hoje?

II. Podemos dizer que exista uma "cultura científica"? (Pesquise o termo *cultura*!) Seria a

ciência uma cultura ou parte de uma cultura mais ampla?

III. De que forma os cientistas comunicam os resultados de suas pesquisas aos seus colegas? Que tipo de procedimentos e padrões existem para fazer isso? De que forma os cientistas se comunicam com o restante da sociedade? Há problemas ou dificuldades de comunicação entre os cientistas e o público em geral? Por que a comunicação dos resultados da ciência é importante?

IV. Controvérsias na ciência ocorrem hoje em dia? De que modo as controvérsias são resolvidas?

V. A teoria influencia a observação dos fenômenos e/ou a análise de experimentos? Como isso pode ser evidenciado? Há observações “neutras”?

Apêndice IV – *Roteiro* para a NHE (Ano 2015)

Alunos: **Data**:
Matéria: Física **Professor**: Hermann Schiffer

Construindo uma Narrativa Histórica

Objetivo(s) do trabalho: Produzir um **texto literário de gênero narrativo de 1 a 3 páginas (narrativa)** que explore tema(s) relacionado(s) à história de Leibniz, Newton, Clarke, entre outros, e aos conceitos científicos presentes na história (quantidade de movimento, vis viva, espaço, tempo, força, princípio de conservação, Princípio da Razão Suficiente).
Número de componentes do grupo: grupos de 5 integrantes.
Prazo e Nota: **dia 02/10** para entrega da narrativa + referências – Valor 12 pontos.
Etapas/Cronograma: É sugerido que grupo siga as etapas e cumpra com as regras ditadas abaixo para a construção de uma narrativa densa, elaborada, clara, bem fundamentada e criativa.

1. EM SALA (durante 5 tempos de aula) - O grupo deve ler as histórias (Parte 1, 2 e 3) e responder às questões do roteiro entregue pelo professor da forma mais elaborada, debatida entre o grupo e aprofundada possível, pois servirá como auxílio e material para a escrita da narrativa.
2. EM CASA/SALA – O grupo deve decidir quais *temas* da história eles irão usar (pesquisar sobre e trabalhar na narrativa) na narrativa. Alguns *temas* serão sugeridos no final deste roteiro.
3. EM CASA – O grupo deverá pesquisar e analisar o material sobre os *temas* escolhidos, já levando em consideração que servirão de conteúdo para a narrativa.
4. EM CASA – O grupo irá recolher o material resultante das pesquisas e somar às anotações/respostas/dúvidas feitas em sala para escrever a narrativa.

Regras:

- As histórias devem ser lidas com calma, buscando a compreensão do conteúdo. Além disso, elas devem servir de exemplo para as narrativas que serão escritas, pois contém um conteúdo extenso, são densas e não explicam nada de modo explícito. Ainda assim, contém detalhes sobre a vida de certos personagens, apresentam discussões da época sobre certos conceitos ou teorias científicas (e não científicas), apontam a influência de instituições científicas da época e se passam em cenários como alguns países da Europa do séc. XVIII.
- Os número de *temas* escolhidos pode ser pequeno, como 2 ou 3, pois a pesquisa sobre cada um deles deve ser profunda o suficiente para vocês os

inserirem em uma história e serem fiéis com a História (não apresentarem informações falsas, inventadas).

- Neste trabalho há uma grande liberdade criativa, mas deve estar limitada às escolhas literárias do texto, isto é, aos cenários, diálogos, situações, drama,...; o grupo não deve inventar coisas que não aconteceram ou existiram. Por isso, a pesquisa sobre os *temas* é tão importante.
- O grupo deve recolher e citar as fontes das pesquisas ao final da narrativa. O professor pode e deve consultar as fontes caso a narrativa conte algo que seja importante e pareça inventado. Não irei consultar qualquer detalhe, informação sobre personagem, diálogo ou algo criativo inventado pelo grupo para não prejudicar o trabalho criativo da escrita.

Indicação de fontes de pesquisa: No final do trabalho devem estar discriminadas as fontes utilizadas para a pesquisa.

Avaliação: O professor irá avaliar a narrativa com os critérios:

a. Conteúdo e Ideias apresentadas.
b. Visões sobre a produção de conhecimento científico/Ciência.
c. Tamanho e densidade do texto.
d. Criatividade do grupo sobre as situações apresentadas, os diálogos e a relação entre os temas escolhidos para escrever a narrativa.
e. Erros conceituais ou históricos.

Temas: IMPORTANTE: Todos os *temas* escolhidos deverão ter alguma ligação com a Física, com os conceitos trabalhados no bimestre ou com o trabalho de Leibniz, Newton ou Clarke.

1. Disputa pela primazia do cálculo diferencial entre Newton e Leibniz.
2. Vida e trabalho da Madame Émilie du Châtelet.
3. Vida e trabalho de Christiaan Huygens.
4. A importância de instituições de pesquisa e Academias de Ciências na Europa (Royal Society, Academie des Sciences, Academia de Berlin,...).
5. Pesquisas, ideias e experimentos que resultaram na construção da *vis viva.*
6. Aspectos sociais, econômicos e culturais da Inglaterra em 1700.
7. Aspectos sociais, econômicos e culturais do mundo, Américas, entornos da Inglaterra.
8. O Princípio da Razão Suficiente aplicado à Ciência.
9. O Princípio da Identidade dos Indiscerníveis aplicado à Ciência.
10. Arte da época ou posterior à discussão trabalhada (Inglaterra ou Prússia).
11. Impacto da Mecânica de Newton (ou do Cálculo) na sociedade do séc. XVIII; na tecnologia (máquinas, incluindo térmicas), na astronomia, na literatura, na arte, na organização do trabalho, na medicina (mecânica corporal),...

12. Mecanicismo (associado ao tema acima).
13. Sobre a utilização de experimentos como métodos de validação.

Apêndice V – Resumos e Comentários sobre as NHEs de 2015

Narrativa I: Leibniz encontra-se em sua casa (descrição do ambiente) e recebe de um carteiro uma carta que o intriga, mas alegra > Diálogo entre Leibniz e carteiro, onde aquele explica que a carta é da Royal Society que o convoca para uma reunião > informações sobre a Royal Society e sua importância na produção científica > apresentação de uma série de informações sobre a relação entre Leibniz e a Royal Society durante anos, incluindo outros personagens como Renè Descartes, Robert Hooke e Christiaan Huygens > Destacam como Leibniz se envolve com os debates acerca da *quantidade de movimento* > são apresentadas explicações de Descartes sobre a transferência de movimento em colisões e uma análise matemática sobre a proporcionalidade entre velocidades e massas de objetos colidindo (compara com a teoria da balança estática) > Descreve a volta de Leibniz para Londres e o impacto dos seus estudos matemáticos no desenvolvimento do Cálculo Diferencial e na área da tecnologia da informática, nas telecomunicações e na computação > Novamente, Leibniz encontra-se em seu escritório e recebe outra carta na qual o acusam de plágio dos trabalhos de Newton > Diálogo entre Leibniz e seu serviçal onde ele defende sua originalidade > É informado que Leibniz buscou defender a originalidade de sua obra perante a Royal Society sem sucesso, pois Newton era o presidente da mesma > São apresentadas mais informações biográficas do final da vida de Leibniz e de sua morte.

Comentários: A narrativa apresentou um conteúdo extenso, tanto histórico (contexto histórico, informações biográficas), quanto científico (produto científico), mostrando que uma pesquisa extensa foi realizada. As explicações conceituais e matemáticas dentro do texto estavam coerentes e eram relevantes aos eventos descritos. A estrutura narrativa utilizou um narrador que descreveu os eventos no tempo presente da narrativa, pulou para eventos futuros e voltou ao tempo presente da narrativa, mas sem clareza, gerando dúvidas na leitura quanto ao tempo do acontecimento narrado. Não foi apresentada na narrativa uma trama, apenas houve a descrição da vida de Leibniz e as controvérsias que viveu. O texto apresenta um caráter bastante biográfico nesse sentido. Há presença de drama em certos momentos como em falas de Leibniz ("*Pois fui convidado... para mudar o mundo*") e na raiva que Leibniz apresenta no último diálogo,

onde está gritando com seu serviçal.

Narrativa II: A NH está estruturada como trechos de um diário de um garoto que viveu no início do século XVIII. São apresentadas seis trechos, equivalentes à datas durante o ano de 1715 e cada trecho tem cerca de 2 parágrafos, menos o penúltimo, com 8 parágrafos. Os eventos narrados são: o menino (sem nome) e seu irmão, Peter, vão conhecer a Universidade de Leipzig e mostram admiração ao local e a um personagem de lá (Leibniz) > Eles começam a ter aulas na universidade e obtém a tarefa de fazer um trabalho sobre alguma pessoa conceituada nas áreas de Física, Matemática ou Filosofia. > Tentam se comunicar com Leibniz, mas esse não responde; Newton os responde e aceita participar do trabalho, marcando uma entrevista para um mês depois. > Os dois meninos vão à casa de Newton e são recebidos pelo personagem, que apresenta um humor irritado e incomodado com algo. > Como Newton se mostra muito ocupado, os meninos olham os itens ao redor da sala onde estão, encontrando escritos como livros de Newton (Principia) e uma carta que os chama a atenção. > Na carta, cujo autor não é revelado, há trechos que parecem compor um debate sobre grandezas físicas chamadas de "quantidade de movimento" e "vis viva" e argumentos metafísicos e teológicos criticando os trabalhos de Newton. > Os meninos escondem a carta numa mochila como material para o trabalho, enquanto Newton volta e percebe algo estranho. > Ainda assim, a entrevista ocorre e Newton apresenta algumas informações biográficas e um comentário sobre como as academias científicas "de antigamente" eram melhor em formar pessoas, "então citou a academia da Prússia". > A entrevista é encerrada e os meninos vão embora. > O diário é encerrado com o menino afirmando que terminaram o trabalho, mas ficaram insatisfeitos e haviam conseguido marcar uma reunião com Leibniz no mês seguinte.

Comentários: A proposta do texto é interessante e audaciosa, com um formato criativo (do diário) e ao criar um narrador jovem que tem a chance de entrar em contato com personagens associados à produção científica da época. O começo do texto é um pouco corrido, sem a justificativa do motivo pelo qual dois meninos de 16 anos estão na Universidade de Leipzig e do propósito do trabalho dado a eles. Na casa de Newton, encontramos muitos trechos descrevendo o personagem como ranzinza, que "não gostava muito de estranhos", o que torna um pouco conflituoso o motivo pelo qual ele

aceita fazer a entrevista com os estudantes. A descrição do conteúdo da carta é muito rápida e as informações parecem recortadas da NH lida em sala de aula. A importância dada à carta pelos meninos parece demonstrar que os autores querem destacar o valor do debate ali presente, apesar do seu conteúdo estar confuso. Na entrevista com Newton, foram apresentadas poucas informações. Interpretamos que os autores buscaram destacar a importância das universidades e academias científicas, ainda que tenham se confundido ao colocar Newton elogiando a academia da Prússia frente a outras (supostamente, a Royal Society). Por um lado, a NH trás um conteúdo razoavelmente longo e está estruturada e escrita com certa qualidade literária. Entretanto, em alguns trechos ela está confusa na escrita e no conteúdo pesquisado, mostrando que o grupo pode ter se complicado frente ao desafio que buscaram cumprir.

Narrativa III: O narrador é onisciente e não participa dos eventos narrados. A NH inteira é centrada no personagem de Newton e no seu início são apresentadas suas informações biográficas quando jovem e a relação com sua família. > No segundo parágrafo, Newton já é apresentado com 33 anos, recebendo uma carta o informando sobre um possível plágio de seu trabalho. > Newton encontra Leibniz e cria um rancor com ele. > Newton, como presidente da Royal Society coloca outros "cientistas contra o alemão". > Leibniz envia uma carta para a Royal Society chamando Newton de desonesto. > O "ódio só termina em quando os dois cientistas morrem". > São apresentadas interpretações dos trabalhos dos dois autores no século XVIII. > São apresentadas informações sobre o século XVIII, em tipos de vestimentas e com a Revolução Industrial. > O narrador afirma que as três leis do movimento de Newton ajudaram nessa Revolução e que máquinas, locomotivas e fábricas surgiram utilizando a ciência newtoniana. > O narrador afirma que o modo de governar e o início do capitalismo também estão associados aos seus trabalhos. > A matemática de Newton também é tida como fundamental para a evolução da sociedade, para os primeiros arranha-céus. > Um exemplo é dado para a importância de cada Lei de Newton.

Comentários: A estrutura e os eventos escolhidos na NH estão confusos. Enquanto na primeira metade o narrador conta uma sequência de eventos acelerados, da infância de Newton para a disputa com Leibniz em 2 parágrafos, na segunda metade o texto se afasta do gênero narrativo e se aproxima de um texto histórico cronológico,

onde são destacados supostos impactos do trabalho de Newton na humanidade. A formatação da NH entregue ao professor também estava carecendo revisão. Interpretamos que houve um esforço do grupo na extensa pesquisa que inspirou o texto, da disputa entre Leibniz e Newton, até algumas mudanças em tecnologia e nos modos de produção industrial que surgem no século XVIII. Ainda assim, a leitura da NH é prejudicada por uma escrita confusa, com uma sequência de afirmativas mal conectadas e sem nenhuma história acontecer em grande parte do texto.

Narrativa IV: Encontramos um narrador onisciente e que não participa dos eventos narrados. A NH, de uma página, está estruturada com a descrição do estado de um personagem (Huygens), a leitura de uma carta que ele escreve para Leibniz e alguns dos seus pensamentos finais sobre o conteúdo da carta. Os eventos narrados seguem: Huygens encontra-se nos corredores da Académie des Sciences. > Enquanto, em seus pensamentos, ele valoriza o papel de academias científicas, ele começa a organizar documentos e encontra uma carta que está escrevendo para Leibniz. > Para defender o amigo da acusação de plágio, Huygens apresenta argumentos associados às diferentes origens matemáticas dos dois trabalhos. > Huygens muda de assunto na carta e defende que o conceito da quantidade de movimento, como proposto por Descartes, não se conserva em todos os movimentos. > Huygens diz que concorda com as críticas de Leibniz para o mesmo fenômeno e sugere que ele possa ter tido influência nessas críticas por ter sido tutor de Leibniz. > A carta é encerrada com afirmativas um pouco confusas sobre a importância da interpretação de Huygens em colisões. > Huygens propõe um encontro com Leibniz. > O último parágrafo trás pensamentos de Huygens sobre o conflito entre Leibniz e Newton e criticando a atuação de alguns cientistas em serem egoístas, o que prejudicaria a produção de conhecimento em comunidade.

Comentários: A NH está muito bem escrita, apesar da sua estrutura ser muito parecida com a parte 2 da NH lida em sala de aula. Além disso, ela termina com um parágrafo que não se encaixa bem no texto e que encerra os eventos citados de forma abrupta. A pesquisa realizada pelo grupo foi entendida como satisfatória, pela quantidade e qualidade de informações de caráter histórico e científico. Essa interpretação também é devida à quantidade de "não-ditos" que o grupo colocou na carta, em trechos nos quais Huygens sugere trabalhos que ambos estão produzindo ou

citando a importância de certas pessoas, sem citar nomes. No último parágrafo, os pensamentos de Huygens podem ser vistos como a tentativa dos estudantes de apresentar uma interpretação sobre a produção científica realizada em academias científicas. Por um lado, eles valorizam o debate e o trabalho em comunidade, mas condenam a luta por interesses pessoais como algo que "venha a se tornar maléfico, que prejudique nosso conhecimento sobre a vida e sobre o mundo".

Narrativa V: O narrador dessa NH é Leibniz. Semelhante à primeira parte da NH lida em sala de aula, é narrado um momento da vida de Leibniz, apresentando seus pensamentos e interpretações dos eventos ocorridos. A NH está estruturada por uma sequência de pensamentos de Leibniz sobre sua vida e a importância de seu trabalho no contexto europeu do século XVIII. Esses pensamentos foram produzidos um mês antes da morte de Leibniz, como uma reflexão geral sobre sua vida. Os eventos narrados são: Leibniz pensa que sua vida foi atarefada e que ele atuou em diferentes áreas do conhecimento. > ele reconhece que sempre teve sede de conhecimento e que sua leitura, quando jovem, foi importante. > Enquanto assiste ao pôr-do-Sol, ele lembra de momentos conturbados na política e seus desentendimentos com Newton. > Leibniz destaca que seu entendimento dos conceitos de espaço e tempo difere dos de Newton. > Leibniz se encontra satisfeito por ter lutado pelas suas ideias, apesar das controvérsias e divergências intelectuais. > Apresenta um exemplo de controvérsia: sua proposta do conceito de "vis viva". > Destaca que esse conceito tem argumentos empíricas, matemáticas, filosóficas e teológicas. > São apresentados exemplos desses argumentos. > Reconhece, novamente, que atuou em muitas áreas do conhecimento e que sua vida foi proveitosa e produtiva. > É informado (por um novo narrador) que um mês após essas considerações, Leibniz faleceu com 70 anos e sozinho.

Comentários: A NH contém uma página, mas muita informação, principalmente biográfica. O texto está bem escrito e tem um apelo emocional, ao apresentar as recordações de Leibniz. Enquanto sua vida é recordada, o conteúdo da pesquisa dos estudantes é apresentado. Assim, de certa forma, não existe uma história criada pelos estudantes, mas o recontar da história de Leibniz. Na primeira metade do texto, são destacadas informações biográficas, comentadas por Leibniz. Em seguida, é destacado o debate sobre os conceitos de quantidade de movimento e vis viva. Essa parte é bem

escrita e os argumentos trazidos pelos alunos na escrita são diversos, representando uma boa pesquisa. Entretanto, o modo como estão organizados tornou a leitura complicada e alguns exemplos pareceram retirados diretamente de fontes de pesquisa. Ainda assim, reconhecemos a qualidade da pesquisa inteira para a NH.

Narrativa VI: A última NH tem um narrador omnisciente e que não participa dos eventos narrados. A NH é estruturada por uma descrição cronológica de eventos associados à Royal Society, com ênfase à controvérsia entre Newton e Leibniz. Os eventos narrados seguem: São apresentadas informações sobre a fundação da Royal Society em 1660. > Algumas características de seu funcionamento são apresentadas. > Um matemático, John Keill, é citado por destacar, em uma palestra, a importância de Newton e seus trabalhos para a Royal Society e para a Inglaterra. > O cenário da NH torna-se a palestra, pois alguém grita da plateia acusando Newton de ser um impostor. > Inicia-se uma discussão entre Keill e Leibniz, na plateia. > Keill termina a palestra e vai encontrar Newton para avisá-lo do incidente. > Newton se irrita e vai escrever uma carta para persuadir o rei da Grã-Bretanha, George, I, para expulsar Leibniz dos cargos que ele tinha na corte. > Um pequeno trecho da carta é destacado, acusando Leibniz de plágio dos trabalhos de Newton. > George I aceita o pedido de Newton e demite e exila Leibniz dos seus cargos. > É destacado que Leibniz morreu sozinho e em depressão após esse ocorrido.

Comentários: Esse texto carece em cumprir com alguns dos critérios definidos na avaliação. A estrutura da NH é confusa ao leitor, pois se inicia em uma descrição cronológica de uma academia científica e, de repente, adentra-se num cenário onde há um debate fervoroso. Esse debate encerra-se rápido como começou e, em dois parágrafos, Newton escreve uma carta e Leibniz é expulso de funções que não são descritas. Os estudantes buscaram trazer informações sobre o contexto histórico, sobre a disputa entre Leibniz e Newton e algum conteúdo científico, mas parecem ter pecado nas pesquisas e em trazer esse conteúdo em uma NH.

Apêndice VI – Formulário de avaliação do processo de produção da NHE (2016)

QUESTÕES

Sobre o processo de escrita da narrativa.

1. O que acharam do tempo disponível para a escrita de cada uma das partes?
2. Quais foram os prazeres e dificuldades no processo de escrita do texto?
3. Como foi o uso do Word como ferramenta?
4. Como foi o uso da Internet?
5. Como você chegou às suas fontes na pesquisa? Avalie suas fontes.

Sobre as perguntas debatidas em sala após a leitura da narrativa.

6. Vocês consideraram que as perguntas auxiliaram ou limitaram o processo de construção da narrativa?
7. Como vocês avaliam a importância das perguntas debatidas durante as aulas?

Sobre o conteúdo da narrativa.

8. Dentre os aspectos que podem ter composto a narrativa, a quais vocês deram maior atenção? Classifique de 1 a 5, sendo 1 pouca atenção e 5 muita atenção; marquem 0 se não entenderem o que significa o aspecto. Ao lado vocês podem fazer considerações sobre cada aspecto, se desejarem.

( ) Personagens Históricos
( ) Aspecto Geopolítico
( ) Instituições Científicas
( ) Comportamento da época
( ) Cultura da época
( ) Trama
( ) Situações criadas
( ) Diálogos
( ) Desfecho final
( ) Conteúdo Científico (Extensão)
( ) Conteúdo Cient. (Profundidade)
( ) Uso de conceitos, teorias, leis científicos em situações/diálogos
( ) Explicar exemplos/fenômenos cientificamente

9. A avaliação, pelo professor, dos seus textos foi como esperavam? Foi clara? Justa?
10. Vocês fariam novamente esse trabalho em outro bimestre? Por quê?
11. Sugestões para uma próxima aplicação.
12. O formato dessa atividade contribuiu ou não para uma divisão justa de trabalho entre os integrantes do grupo? Comente.

Apêndice VII – *Roteiro* para a NHE (Ano 2016)

Construindo uma Narrativa Histórica

Objetivos do trabalho: Produzir um **texto literário de gênero narrativo de 2 páginas (mínimo)**, baseado numa pesquisa onde haja conteúdo científico e histórico e que explore discussões sobre a produção de conhecimento científico realizadas em sala.

Número de componentes do grupo: 4-5

Prazo e Nota: **12/09 – 1ª Versão** – Valor 10 pontos.

28/09 Trabalho final – Valor 5 pontos.

Etapas/Cronograma: O grupo deve seguir as etapas e cumprir com as regras ditadas abaixo para a construção da narrativa ser densa, elaborada, bem fundamentada, clara e criativa.

1. O grupo deve ler as histórias (Parte 1 e 2) e responder às questões do roteiro entregue pelo professor, pois servirá como auxílio para a escrita da narrativa de vocês. – Em Sala.
2. Devem decidir quais *temas* irão usar → sobre os quais irão pesquisar e trabalhar na narrativa. – Em casa.
3. O grupo deverá pesquisar os *temas* escolhidos. Busquem fontes menos "populares" como portais educacionais ou blogs. Utilizar 1 ou 2 artigos científicos é interessante. – Em casa.
4. O grupo irá utilizar a pesquisa e as anotações/respostas/dúvidas feitas em sala para escrever a narrativa. – Em casa.
   *Sugestão: dividam as atividades de pesquisa e, talvez, até de escrita, mas **sempre** compartilhem o que fizeram com os outros e estes **devem** apresentar uma posição, uma leitura, uma crítica sobre o que foi produzido e devem sugerir modificações.*
5. No dia 12/09 deverá ser entregue a 1ª versão da narrativa. O professor irá ler e avaliar, retornando com comentários ao grupo.
6. No dia 28/09, será realizada uma atividade em sala de aula com as narrativas de todos os grupos.

Regras:

- O tema a ser escolhido é "livre", mas deve ter alguma referência às ciências exatas, como Física, Química, Geologia, Arqueologia, Astronomia, etc.
- O conteúdo pesquisado para a narrativa tem que ser historicamente fundamentado, mas algumas cenas, diálogos, descrições ou situações podem ser inventadas para aprimorar o texto e o drama. Aqui há liberdade criativa,

mas deve estar limitada às escolhas literárias do texto, isto é, aos cenários, diálogos, situações, drama,..., mas o grupo não deve inventar fatos importantes sem ter alguma fonte que o suporte.

- O grupo deve citar as fontes das pesquisas ao final da narrativa.

Exemplo 1:

O grupo decidiu pesquisar sobre os *temas* Mecanicismo e Vida e trabalho de Madame Émilie. Nas pesquisas, encontram que o Mecanicismo é uma teoria filosófica associada ao trabalho de Newton (...) e que a Madame Émilie tanto publicou uma tradução dos *Principia* de Newton para o Francês, quanto comentou sobre experimentos de queda de corpos em argila que contribuíram para o conceito de *vis viva* de Leibniz.

Logo, decidem que a história irá se passar no escritório da Madame Émilie, enquanto ela comenta sobre os experimentos com queda de corpos. Alguém (personagem escolhido) entra para falar com ela (sobre algum assunto relacionado à sua vida, pesquisado pelo grupo) e na conversa, ela apresenta algumas ideias sobre a *vis viva*. Além disso, o personagem folheia a tradução dela e comenta da importância que deverá tomar ao ser levado à França.

Exemplo 2:

Outro grupo decide pelos *temas Academia de Ciências – Royal Society* e *sobre a utilização de experimentos como métodos de validação.* Na pesquisa, encontram informações sobre como Newton foi presidente da Royal e com isso sua influência foi grande em divulgar suas ideias e abafar o trabalho de outros, como Leibniz. Além disso, que na Royal Society vários pesquisadores da época foram para demonstrar seus experimentos, debate-los e que seus trabalhos foram apoiados ou rejeitados pelos membros da instituição.

Logo, decidem que a história irá se passar com algum cientista (escolhido, pesquisado) chamando pessoas para ir assistir à sua apresentação na Royal Society. Após os experimentos serem demonstrados (o grupo pode incluir o personagem explicando partes do experimento na narrativa), os integrantes da Royal Society começam a debater sobre os resultados, apoiando ou não. O presidente da época (Newton?) pode apresentar ideias que podem ser vistas como mais significantes (ou não) e concordar com os resultados. Ou algum presente no anfiteatro pode comentar para a pessoa ao lado que não convidaram outro cientista que é defensor de ideias opostas àquelas, logo calando suas críticas naquele momento.

Avaliação: O professor irá avaliar a narrativa com os critérios:

a. Conteúdo e ideias apresentadas (fruto da pesquisa).
b. Visões sobre a produção de conhecimento científico/ciência fruto das

discussões em sala.

c. Tamanho e densidade do texto.
d. Criatividade do grupo sobre as situações apresentadas, os diálogos e a relação entre os temas escolhidos para escrever a narrativa.
e. Erros conceituais ou históricos (frutos de uma pesquisa fraca).

Apêndice VIII – NHE 2: A construção do conhecimento científico aplicado à vida e trabalho de Rosalind Franklin

Parte 1

Era uma tarde de outono, e o doce ar de Paris tranquilizava o coração da jovem Rose quando recebera uma carta de Sir John Randall, um físico compatriota que liderava o projeto de pesquisas sobre a estrutura do DNA na King's College University em Londres, convidando-a à desenvolver estudos sobre proteínas hidratadas e desidratadas.

Novembro, 1950

Cara Dr. Franklin, Sou Sir John T. Randall, e tenho enorme interesse em agrega-la a um dos meus melhores projetos aqui na unidade de Pesquisas em Biofísica da King's College University, setor o qual está sob minha liderança. Nosso programa de Biofíscia existe a cinco anos e temos trabalhado arduamente com o objetivo de investigar todos os aspectos dos fatores físicos que afetam a mitose e a divisão celular, por métodos diretos e/ou indiretos. Estou procurando utilizar a física para determinar a estrutura das grandes moléculas de modo a entender como elas funcionam em organismos maiores, sendo as moléculas envolvidas na hereditariedade de interesse especial. Embora a proposta de que o DNA seja a principal substância química de hereditariedade, creio que as proteínas são os candidatos mais prováveis.

Tendo em vista o seu admirável currículo como química e excelente trabalho com a difração de Raios-X na cristalografia gostaria de agregá-la ao nosso projeto. Estarei enviando em anexo desta carta todas os detalhes sobre como será seu trabalho aqui em nossa estimada instituição, espero encarecidamente que possa assumir esta posição valorosa em nossas pesquisas.

Com os melhores cumprimentos,

J. T. Randall

O laboratório definitivamente não era um lugar amigável para uma mulher, especialmente para mulheres mais subversivas e retraídas como Dr. Franklin, mas já estava acostumada a viver em ambientes hostis. Cresceu Notting Hill, Londres, de uma família judia britânica afluente e influente. Viveu num lar cheio de discussões, debates e novas ideias ainda que tradicional e extremamente conservador.

Rosalind aprendeu desde pequena a arte da argumentação e a ser convicta de seus pontos de vista. Teve ainda sérias discussões com o pai conservador que constantemente a afastava de um sonho que inflamou seu coração desde os 15 anos de idade: ser uma grande cientista, e ainda que o pai a enxergasse melhor como uma assistente social, seu amor pela física desde seus primórdios só ratificava que o destino de Rosalind Franklin não se limitava aos padrões sociais impostos a ela. Franklin também carregava marcas da Segunda Guerra, período onde foi voluntária patrulhando regularmente as ruas da cidade em prol do bem-estar das pessoas durante ataques aéreos.

Adorava morar em Paris, vivia numas das regiões mais valorizadas pelos intelectuais, onde se sentia feliz, bela, bem sucedida e valorizada pelos seus colegas de trabalho. Nunca pensava em voltar para Londres, Paris agora era seu lar. Ali fez grandes amizades, vivia com seu modesto salário recusando se a receber o dinheiro dos pais, aprendeu culinária francesa, falava o francês perfeitamente e aprendeu a viver como uma verdadeira parisiense deixando de lado as velhas boas maneiras britânicas.

Mas, cheia de lembranças e recordações da sua terra natal, voltar para Londres se tornara mais tentador ainda, aliás, foi o seu sucesso em Paris como cristalógrafa que chamou a atenção de Sir Randall. As condições para o novo emprego eram excelentes: seria contratada em

uma posição sênior no projeto graças a sua vasta experiência, teria a sua disposição um dos melhores laboratórios do campus, e um salário decente, tratamento muito acima da média do que as mulheres recebiam na *King´s*.

Uma mulher prática, metódica e bastante profissional como ela, decidira se preparar para a viagem de volta para casa, mandou uma carta para Sir John Randall aceitando seu convite e ainda lhe informando que estaria construindo com suas próprias mãos o design e projeto de sua aparelhagem de infração de raios x que usaria em suas pesquisas, já providenciando que suas peças fossem fabricadas.

Algumas semanas depois recebeu a resposta de seu superior e partiu de volta para a sua Terra Natal. Estava empolgada com o projeto. Sua vida era a ciência, seu trabalho, sua carreira, porém, ao sair do aeroporto de Londres, parecia que voltava aos poucos sentir o sabor da hostilidade pairando no ar...

Parte 2

Estar de volta era estranho, o céu nublado de Londres não era nada convidativo, e as ruas movimentadas da grande "City of London" a assustavam levemente de dentro da janela do Taxi que a levava para a universidade onde passaria seus próximos três anos. "Três anos...", pensava consigo mesma, "Há muito trabalho a fazer".

Quando chegou ao *King's College* fora recebida por Sir Randall e seus infinitos elogios à instituição, e uma notícia não muito agradável: o foco do seu trabalho deveria mudar de soluções protéicas para fibras biológicas, investigar a estrutura do DNA. Com um sorriso falso ela concordou em fazê-lo, afinal, esperava que esse fosse apenas um contratempo com que teria que lidar.

- Então, Senhor Randall, quem trabalhará juntamente comigo nessa investigação? – Perguntou Rosalind num esforço de se adequar aos novos padrões em que trebalharia.

- Somente a senhorita e o estudante de pós-graduação Raymond Gosling farão este trabalho juntos o trabalho de DNA. Gosgling é um rapaz jovem e pode aprender muito com sua experiência. Ah! Aproveitando que já levaram sua bagagem, vou aprasentá-la ao campus.

Dr. Franklin podia enxergar as moléculas mais obscuras de um cristal mas nunca preveria o que iria encontrar dentro daquele velho e imenso castelo. Corredores amplos e salões tão grandiosos que levavam qualquer visitante a levantar seus olhos para seus tetos inalcançáveis. E para a surpresa dela, as paredes eram mais poderosas do que as comuns: dividiam espaços separados somente para homens e outros onde eram permitidas as mulheres. Mais uma surpresa: não havia banheiro feminino, só de imaginar ter que andar quilômetros para apenas usar um banheiro descente já era irritante.

- Muito bem senhorita Rose – Concluía, John – Agora vamos ao laboratório que será seu durante esses próximos anos.

"Finalmente!", pensou. Após uma longa e chata excursão, Rose conheceria seu laboratório, o lugar onde poderia se sentir em casa no meio daquela joça de mais de 100 anos de idade.

- Aqui está... Ora! Dr. Wilkins! Que bom que está aqui, apresento-lhe Dr. Rosalind Franklin de quem falei. Doutora, este é Dr.Maurice Wilkins, fui seu orientador no doutorado de física e agora está trabalhando conosco a algum tempo. Wilkins acabara de começar a fazer um trabalho de difração de raios X em algumas amostras de DNA excepcionalmente boas. Bem, meu trabalho termina por aqui e vou deixar vocês trabalharem!

- Muito obrigado John – Wilkins, o homem magro e franzino se despede do amigo e se dirigi a Rosalind – É... É um prazer conhecer a doutora.

- Igualmente. – Diz Rosalind um pouco confusa. - Mas receio que não compreendi muito bem sua função aqui, Sr. Randall disse que seríamos apenas eu e um estudante.

- Como? Não! Pelo o que sei a senhorita está aqui para colaborar comigo em nossas pesquisas, espero que possamos trabalhar juntos.

- Ah... Sim, claro. – Concordou se esforçando novamente para se adequar ao seu novo meio de vida.

Não foram as melhores "boas-vindas" de sua vida, mas nada poderia impedí-la de seguir em frente. Conheceu rapidamente o entusiasmado rapaz que seria seu assistente de laboratório e iniciou o seu trabalho assim que entrou no laboratório, para o azar do jovem que esperava que ela fosse menos "caxias".

- Ao trabalho meu jovem! – Apressava seu subordinado - A ciência explica boa parte da vida. Até onde chega, se baseia em acontecimentos, experiências e experimentos que não se realizarão sozinhos!

O material que Franklin iria estudar era o DNA de timo de bezerro, extraído e purificado por Rudolf Signer de Berne, e dado a vários pesquisadores, incluindo Wilkins, em uma conferência em maio de 1950. Signer usara uma técnica extremamente gentil que evitava romper a grande molécula. Preparando-se para estudos ópticos com um microscópio refletor, Franklin descobriu que esse DNA poderia ser absorvido em fibras muito finas e uniformes como uma teia de aranha. Isso sugeria a ele uma estrutura regular que pudesse produzir um padrão de difração de raios X, de modo que ele e Gosling improvisaram um aparelho e tiraram fotos das amostras. Variando a umidade relativa deu-lhes vários resultados diferentes, alguns mostrando um padrão desordenado e outros mostrando um padrão cristalino. Enquanto isso, pistas adicionais sobre a possível forma do DNA vieram de estudos de espectroscopia infravermelha no King's.

As coisas andavam bastante agitadas no departamento em que Roasalind se estabelecera, não apenas ela, Raymond e Wilkins trabalhavam diretamente no projeto, mas também havia muitos colaboradores e estudiosos interessados no assunto dentro do campus, afinal, a descoberta da estrutura do DNA se transformou na linha de chegada de uma longa corrida desde que em meados dos anos 30 teve-se conhecimento mais amplo da composição química do ácido e formaram-se os conceitos de macromoléculas polimerizadas.

Diversos métodos foram desenvolvidos como centrifugação, filtragem e é claro a absorção de luz para que pudéssemos compreender como o DNA poderia ser a molécula responsável pela hereditariedade e entender sua estrutura. Desde a hipótese tetra nucleotídica acreditava-se que o DNA deveria possuir uma estrutura longitudinal, com um eixo de desoxirribose de fósforo, ao qual as bases nitrogenadas se conectavam. Outros dois grandes laboratórios estavam trabalhando enfaticamente no entendimento de como esses três tipos de moléculas se ligavam entres si: o da California Institute of Technology, em Pasadena, onde trabalhava o Famoso químico Linus Pauling, e o laboratório Cavendish, na Universidade de Cambridge.

Vencer uma competição não era o objetivo de Rosalind, para ela a ciência e a construção de conhecimento era muito maior do que uma corrida científica, mas, para a alegria de Randall, o trabalho em cristalografia de raios X estava avançando bastante, em contraposição às más relações subsequentes entre Franklin e Wilkins causadas pelo mal-entendido (e talvez com a insatisfação de Franklin com a cultura retrógrada do colegiado de King's) que gerou entre os dois. Embora estivessem trabalhando em conjunto, em menos de seis meses eles já se encontravam completamente separados, tendo em seus artigos muito pouco haver um com o outro.

Pobre Gosling, detestava chegar tão cedo no laboratório e encontrar uma discussão entre os dois e ter sempre se escolher um lado da história. Quantas vezes já havia presenciado cenas como quando Franklin não aceitava ser tratada como uma assistente de laboratório por Wilkins e fazia Wilkins gaguejar com seu dom de argumentar? E quantas vezes já não encontrou Dr. Franklin avermelhada de ódio no laboratório enquanto suportava as exigências de Wilkins.

Os dois eram muito diferentes, de um lado havia um homem inseguro, debochado e muitas vezes tímido, porém tão teimoso quanto uma mula velha, do outro, uma mulher tão brusca como uma égua selvagem, fazia questão de andar sem rédeas relinchar suas ideias, pelo menos era assim que Wilkins a "admirava".

Por mais que não fosse de seu costume, Gosling sempre preferira o "lado" de Rosalind, ao lado dela se sentia valorizado, via em sua orientadora uma guia, uma amiga.

Trabalhando com Gosling, Franklin tirou fotos cada vez mais claras de difração de raios X do DNA e descobriu rapidamente que havia duas formas - úmida e seca – que produziam imagens muito diferentes. Em um experimento realizado, Franklin identificou estas duas configurações distintas, chamadas por ela das formas A e B, nas quais o DNA poderia existir. A forma cristalina A, mais seca e desidratada, contém cerca de 20% de água em peso, e é produzida de forma ideal a cerca de 75% de umidade relativa. "Pontes de cátions entre fosfatos ionizados são provavelmente responsáveis pela ligação intermolecular na estrutura cristalina", anotou ambiciosamente em seu caderno.

A forma B paracristalina, menos ordenada, totalmente hidratada - tipicamente a configuração que ocorre in vivo - é obtida da forma cristalina da forma A, quando as fibras de DNA absorvem água em excesso de 40% do seu peso. Obteve a produção ideal da forma B com aproximadamente 90% de umidade relativa. A hidratação extra tornou mais fácil para a molécula assumir com menor gasto de energia uma configuração helixal. Esta forma também mantém as duas cadeias de espinha dorsal helicoidais mais afastadas do que na forma A, e alonga a molécula em cerca de 30% até que a forma B apareça com suas bases ordenadas perpendicularmente ao eixo da fibra.

Franklin lentamente e precisamente hidratou e desidratou sua amostra de DNA para obter uma melhor imagem da forma A. Para obter suas amostras, porém, ela teve que extrair fibras de DNA de uma amostra não desnaturada semelhante a um gel que Wilkins adquiriu de Rudolf Signer, da Universidade de Berna, na Suíça. Franklin puxou fibras únicas excepcionalmente finas e controlou a umidade em sua câmara especular, borbulhando gás hidrogênio através de soluções salinas e, em seguida, inundando a câmara com o gás úmido resultante. Raymond observou pasmo, a câmara vazar tanto gás hidrogênio que teve medo de que Rosalind explodisse metade do King's College com eles.

O tratamento delicado e cuidadoso de Franklin durante a transformação da forma cristalina de A para a forma hidratada de B resultou em uma mudança de tamanho tão drástica que, segundo Gosling, o espécime alongado praticamente "saltou do palco".

Depois de projetar uma câmera microfoco de inclinação e desenvolver uma técnica para melhorar a orientação de suas fibras de DNA no feixe colimado da câmera, Franklin tirou fotografias de difração de raios X da forma B. Os cálculos do mapa de Patterson que ela aplicou em seus dados da forma A permitiram que ela determinasse o tamanho da célula unitária de densidade do DNA e o conteúdo de água. Com esses dados, Franklin propôs uma estrutura de dupla hélice com medições precisas do diâmetro, a separação entre cada uma das fibras coaxiais ao longo da direção do eixo da fibra e o passo da hélice. A resolução da fotografia de forma B – a qual deu o nome de "fotografia 51, permitiu que Franklin determinasse que cada volta da hélice na forma B tem 34 A de comprimento e contém 10 dados base da forma B de Franklin, em conjunto com cilindros separados por 3,4 A cada.

Wilkins, por sua vez, fotografando células vivas de espermatozoides já no segundo ano do projeto, obteve o mesmo formato padrão da forma B.

Cerca de mais de um ano se passaram, tanto trabalho foi realizado, tantas desavenças com Wilkins, tantos "deadlines" de Sir Randall cumpridos com muito esforço! Mas, em contrapartida, muitos foram os bons momentos até agora. A amizade com Raymond era ao mesmo tempo que inesperada (principalmente pelos dois terem uma certa distância de idade) era saudável e divertida, e rendiam bons papos. Wilkins também não lhe parecia de todo um adversário, querendo ou não ele demonstrava uma certa admiração trazendo chá ou algum lanche para Rosalind sabendo que ficava integralmente trancafiada ao seu laboratório. Era, a sua maneira, um bom colega de trabalho, e também fonte de muitas piadas internas entre Rosalind e seus amigos mais próximos da King's.

Enfim! Muita coisa havia sido produzida, estava pronta para palestrar e apresentar seus dados para a comunidade científica local. Levantou-se de sua escrivaninha confiante com os dados e documentos em mãos.

- Raymond! – Gritou – Vamos! Vou levar o nosso parecer ao John e preciso do seu relatório.

- É pra já doutora! – Respondeu seu fiel escudeiro.

Parte 3

Havia chegado o dia, e Rosalind estava a caminho do King's College para uma palestra. Havia chegado nas fotografias que mostravam a dupla hélice. Havia chegado na conclusão sobre a dimensão dos filamentos do DNA e a posição dos fosfatos, além de concluir a estrutura da molécula. Ela sentia que havia desvendado o mistério, embora soubesse que as hélices estavam no ar e que havia três laboratórios, todos com equipes formadas por homens, dispostos a ignorá-la ou desprezar o conhecimento fundamental que obtera. Mas ela, por si só, já se dava por realizada.

Uma vida cheia de produção científica, onde se sentia superando todas as críticas de seu pai, no passado, e os comentários desagradáveis de Wilkins e tantos outros homens que já cruzara seu caminho... Era satisfatório por si só. E ela estava pronta para mostrar o quanto fizera, custasse o que custasse.

Algum tempo depois, Srta. Franklin atravessava, com um misto de elegância e frieza, os portões de King's College. O clima era frio, o céu estava nublado. O campus era enorme, a arquitetura possuía ritmo, típico prédio neoclássico. Equilíbrio, leveza e ao mesmo tempo, poder. Rosalind se encaminhava ao auditório onde palestraria. As pessoas que a viam desviavam rapidamente o olhar, um gesto tão comum com o qual ela já estava acostumada.

Era fechada e muitos diziam que ela era brusca. Ela não dava a mínima: sabia muito bem que estava numa sociedade que reprimia a mulher e seu poder, sua capacidade de ser tão bem sucedida quanto um homem. Estava numa sociedade que a subestimava, e ela retribuía isso, subestimava a capacidade de qualquer estranho se tornar alguém agradável. Sempre preferira a solidão.

Ao chegar no auditório, Rosalind falou com o diretor, com a equipe. Saudações breves, nada muito demorado. Logo, notou uma plateia a sua frente. Olhavam surpresos, curiosos, com desprezo. Certamente, ao ficarem sabendo de uma palestra sobre DNA, e ainda mais sobre sua estrutura, jamais imaginavam que encontrariam uma mulher. Mas lá estava. Firme, confiante. Correu com seus olhos pela plateia. No meio dela, viu que um rapaz a olhava intensamente com um olhar desafiador, um sorriso arrogante prestes a se pronunciar, como se tivesse duvidando dela. Do que tinha a oferecer. Rosalind se perguntava o motivo de tal olhar, mas antes de mais nada, fechou a cara e desviou os olhares. Era só mais um, como seu pai fora.

E apresentou. Falou muito sobre cristalografia, seu método, e sobre a difração de raios X, obtido quando uma fibra de DNA cristalizado é bombardeada com raios X. Abordou assuntos sobre seus dois conjuntos de fotos de alta resolução de fibras de DNA cristalizadas. Ela explicou que usou duas fibras diferentes de DNA, uma mais altamente hidratada que a outra. A partir disso, deduziu as dimensões básicas dos filamentos de DNA e que os fosfatos estavam do lado de fora do que provavelmente era uma estrutura helicoidal. Falou sobre tudo que aprendeu sendo a assistente de Wilkins e trabalhando com Raymond, que certamente estaria orgulhoso se estivesse assistindo à palestra.

No fim, aplausos. Respondeu às perguntas e rebateu argumentos com a mesma determinação de quando dera seu primeiro passo ali dentro. Então todos começaram a se levantar, a conversar entre si, se saudarem e despedirem. E no meio da multidão, o rapaz do olhar desafiador fitava Rosalind com olhos gélidos e intrigantes. Ele era estranho. Quase assustador. Mas não a intimidava. Ela devolveu o olhar e sem se despedir de ninguém, se retirou da sala.

- Senhor Willkins? - Um rapaz magro de óculos com aros pretos e olhar meio vesgo estava à porta de Watson, assim que a abriu. Watson estava surpreso, não esperava que o chefe de Srta. Franklin, a moça incompetente e sem fundamentos, estaria ali à sua porta. Além do mais, Wilkins era de outro laboratório e estava em busca dos mesmos objetivos que Watson e seu parceiro não-oficial, Crick: descobrir a estrutura do DNA.

- Olá, senhor Watson. Eu... eu espero não estar o incomodando. Digo, tenho uma proposta para fazer ao senhor. E algo para lhe mostrar.

- Entre, por favor. Fique à vontade. Espero que não se incomode com a presença de meu parceiro. - disse Watson, franzindo as sobrancelhas e abrindo espaço para o rapaz passar, cético. Olhou por cima do ombro para Francis Crick, que se encontrava sentado no sofá de sua sala de estar, observando a cena curiosamente.

- Jamais me incomodaria. - replicou Maurice, e entrou. A porta foi fechada e ele se encaminhou até o sofá, apertou a mão de Crick e se sentou.

- Então, o que tem em suas mãos? - questionou Francis.

- Serei direto: tenho em mãos os dados experimentais de Rosalind Franklin. – Wilkins sorria com cinismo, um ar de malícia inegável o rondava - Vocês se preocupam muito em fazer um modelo, se preocupam muito com a teoria. Mas o que tenho aqui é o empirismo e o experimento que os senhores desprezam e que podem fazê-los alcançar seus objetivos! Tenho em mente que se venceram a corrida do modelo do DNA, podem ser dignos até de ganharem um Nobel. Eis minha proposta: gostaria de ser mencionado na publicação do trabalho de vocês, e eu sei que vocês vão publicar quando tiverem as informações daquela feminista que jamais será notada para completar seus trabalhos. Eu quero ser reconhecido e não será a Srta. Franklin que me trará isso. Entretanto, se vocês se dispuserem a aceitar minha proposta, seremos reconhecidos os três. Garanto que disponho de dados excepcionais!

- O senhor o quê?! - levantou-se Watson, num misto de incredulidade, desconfiança e ansiedade. - Deixe-me ver isso aqui primeiro e..

- Watson, por Deus! - se levantou também Crick, segurando a mão de seu colega que tentava pegar os documentos de Wilkins. - É isso? Você quer ser reconhecido às custas de uma senhora brusca, que sequer entende de teoria? O que ela disse naquela palestra de ontem que fez com que estivesse disposto a abandonar suas próprias crenças? Achei que fosse claro para o senhor: nada de mulheres, nada de negros. Vamos, o que ela disse na palestra? Que dados são estes?

- Eu.. Eu não prestei atenção o suficiente na palestra. Ela falou algo sobre o DNA ter o modelo da dupla hélice, mas você sabe, as hélices estão no ar!

- Ah, Santo Cristo! - exaltou-se Wilkins, cerrando os punhos, negando com a cabeça - Santo Cristo, Watson! O senhor é um péssimo mentiroso! Se não prestou atenção na palestra, por que quase arrancou os documentos de minha mão, não fosse por Crick? Sabe o quão valioso é o conhecimento daquela moça, embora não possamos dizer o mesmo sobre ela. O senhor não precisa abandonar seus princípios completamente: basta que seja inteligente o bastante para aceitar minha proposta e os documentos para finalizar seu modelo, então publicar o trabalho sem mencionar a Srta. Franklin. Jamais desconfiarão que aquela assistentezinha sem escrúpulos esteve envolvida. Seremos eternamente reconhecidos!

Watson estava confuso. Dava pra ver em sua expressão o quanto gostaria de aceitar e o quanto não gostaria de admitir para si mesmo que necessitara de uma mulher para concluir seu projeto. Francis não dispôs da mesma confusão e determinado, pediu para ler apenas uma pequena parte na frente de Maurice para saber exatamente do que se tratava. E ele leu. E Watson não se conteve e leu também.

Ficou claro que o orgulho e a falta de empatia com a posição de uma mulher na sociedade não puderam resistir à tentação do plano perfeito de Wilkins. E assim foi feito: a proposta foi fechada. Os documentos ficaram com os rapazes e logo, teriam fechado seu projeto e vencido a corrida do modelo do DNA, tão disputada entre os cientistas da área da genética.

Raymond entrou as pressas no laboratório onde, mais um dia, entre as centenas de dias, Franklin trabalhava em tempo integral na sua pesquisa sobre o DNA e a dupla hélice. Usava o mesmo penteado estranho de sempre, os cabelos castanhos emaranhados, e segurava uma revista em suas mãos trêmulas. Sua pele, já muito branca, parecia ainda mais pálida.

- Raymond Gosling, eu acabei de descobrir que...

- Franklin! Rosalind! Olhe isso, por tudo que há de mais sagrado, olhe isso! – disse ansioso, a voz oscilando em seus agudos e graves.

Aproximou-se de Rosalind, que estava sentada diante de uma aparelhagem e fotografias em seu balcão e o olhava atentamente, sua face adquirindo espanto e surpresa. Rosalind pegou rapidamente a revista da mão de Raymond. Se tratava da edição mais recente da Nature. Ela nem precisou explorar muito: na capa, lá estavam os cientistas Watson e Crick, e uma manchete que dizia: "A descoberta do ácido desoxirribonucléico". A jovem mulher correu os olhos pelas páginas e viu, diversas vezes, os nomes Watson e Crick. Watson e Crick. Dupla hélice. Dupla hélice. Ácido. Desoxirribonucleico. Ácido. Watson. Crick. Mas não havia menção alguma sobre seu nome. Nada. Embora tivesse diversas referências sobre o que seriam os seus experimentos.

- Raymond! Raymond, como...? Eu os deixei ali naquela gaveta! Eu deixei todos os documentos de meus dados ali! Como podem... Tão iguais, dados tão iguais aos meus!

- Eu sinto muito! Eu sinto muito, Franklin... Eu... Deixe-me conferir a gaveta! - e o rapaz correu até a gaveta para onde, segundos antes, Franklin havia apontado enquanto falava.

Ele abre a gaveta num puxão forte e começa a revirar os documentos dentro da mesma procurando pelos dados que recentemente a cientista havia conseguido. Logo, Rosalind se juntou a ele e ambos procuraram juntos, mas não acharam.

- Quem poderia? Quem poderia ter feito uma coisa dessa? A este laboratório, só temos acesso eu, você...

- E é claro, o maldito do Wilkins! Um dos cientistas na revista, Watson, estava em minha palestra. Me encarava de forma estranha e eu não sei como, mas Wilkins é ambicioso e machista, como toda essa sociedade! Eu estou certa de que ele é o responsável por toda essa situação, ele quer reconhecimento, ele quer ser reconhecido por meus experimentos!

- Senhorita Franklin, entendo que esteja nervosa, mas... não é muito precipitado...?!

- Precipitado, Gosling? Precipitado? É assim que tudo funciona: mulheres são reprimidas, são ocultadas. No futuro, não haverá nomes femininos na história. Não temos potencial o suficiente para sermos cientistas, para sermos protagonistas, segundo a maioria desses ingleses conservadores!

E as memórias voltavam. Franklin lembrava de seu pai a desencorajando. Dizendo como ficaria melhor sendo uma assistente social e se negando a dar qualquer apoio que precisava. Ela lembrava de Maurice, que sequer lhe fornecia um banheiro perto do laboratório para que pudesse usar. E lembrou do olhar desdenhoso de Watson, o rapaz desconhecido que ela agora descobrira que lhe roubara.

Lida com mais calma, a revista detalhava em artigos os experimentos e embasamentos teóricos que Franklin não havia feito, pois atuava mais no experimentalismo. A revista dizia como Watson e Crick trabalharam arduamente no laboratório de Cavendish com relação ao DNA.

Mais tarde, fora descoberto que Wilkins de fato compartilhou os documentos sem avisar a Rosalind. A cientista e seu assistente esperaram incansavelmente no laboratório e, algumas horas depois, pego de surpresa, Wilkins apareceu com os documentos em mão, e agindo cinicamente ao perceber os olhares de ódio dos dois cientistas. Não havia como negar. Não havia como disfarçar. A verdade estava lá, nua e crua. Mas o que mais atormentava a moça era que não havia nada que ela pudesse fazer. Era mulher. Sua palavra não possuía valor algum.

Algum tempo depois, após ver Watson e Crick sendo cada vez mais reconhecidos, juntos a Wilkins, ela deixou de lado o Kings College os estudos sobre a dupla hélice e o DNA, e começou a investir todo o seu tempo, canalizando sua sensação de impotência, inconformação e vontade de produzir ciência e fazer o que amava em estudos sobre o Vírus do Tabaco no Birkberk College com uma nova equipe cujas pesquisas complementavam as dela. Ela começou esse trabalho no mesmo ano, em 1953, e três anos depois ela descobriu dois tumores em cada ovário. Ficou internada no hospital e passou por duas cirurgias na região do abdômen, recebendo visitas de Raymond e alguns outros colegas de laboratório, mas assim que pode ser liberada ela investiu o resto de sua vida na construção do conhecimento científico.

Em 1958, Rosalind Franklin morreu. Câncer ovariano. Morte iminente. Ela havia se sentido realmente bem logo após as cirurgias, mas o câncer voltou logo. Apesar disso, ela havia conseguido financiamentos que manteriam sua equipe por mais três anos.

Pouco depois de sua morte prematura, com apenas 37 anos de idade, dois membros de sua equipe no Birkbeck College, John Finch e Aaron Klug, publicaram um artigo de investigação na revista Nature que eles dedicaram a sua memória. Após sua morte, John Bernal, que era presidente do departamento de física na Birkbeck College, escreveu obituários que foram publicados no New York Times e na revista Nature.

Rosalind Franklin, cientista e apaixonada, uma mulher que lutou contra uma sociedade que a dizia que não seria capaz, está sepultada no Cemitério judaico de Willesden.

Referências bibliográficas:

http://cienciahoje.org.br/coluna/vida-e-informacao/
https://www.nature.com/articles/d41586-018-01830-8
http://www.biochemist.org/bio/03706/0046/037060046.pdf
https://www.seattlerep.org/Plays/1213/PH/PH_StudyGuide.pdf
https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(15)00422-5.pdf
https://profiles.nlm.nih.gov/ps/retrieve/ResourceMetadata/KRBBCS
https://profiles.nlm.nih.gov/ps/retrieve/ResourceMetadata/KRBBCV

https://profiles.nlm.nih.gov/ps/retrieve/ResourceMetadata/KRBBCT
https://www.newscientist.com/article/dn28178-photograph-51-inside-the-race-to-understand-dna/
https://vimeo.com/12471144
https://www.sdsc.edu/ScienceWomen/franklin.html
https://www.tabletmag.com/scroll/194532/british-scientist-rosalind-franklin-gets-the-star-treatment-in-photograph-51
https://www.researchgate.net/publication/23170130_After_the_double_helix_-_Rosalind_Franklin's_research_on_Tobacco_mosaic_virus
https://www.youtube.com/watch?v=H7BgQTpL7x4
http://library.cshl.edu/oralhistory/interview/scientific-experience/women-science/rosalind-franklin/
https://brasil.elpais.com/brasil/2018/02/20/ciencia/1519150633_000516.html
https://www.nature.com/articles/nature01399
https://www.britannica.com/biography/Rosalind-Franklin
http://cienciahoje.org.br/acervo/historia-de-um-sucesso-e-duas-tragedias/
http://www.dnaftb.org/19/bio-3.html
https://profiles.nlm.nih.gov/KR/Views/Exhibit/documents/dna.html
https://profiles.nlm.nih.gov/ps/browse/ResourceBrowse/CID/KR/p-sort/chron/TYPE
https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Rosalind_Franklin
http://www.dnaftb.org/19/bio-3.html
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662010000100004
https://youtu.be/BIP0lYrdirI
https://profiles.nlm.nih.gov/ps/retrieve/Narrative/KR/p-nid/183
https://theconversation.com/rosalind-franklin-still-doesnt-get-the-recognition-she-deserves-for-her-dna-discovery-95536
https://www.sciencehistory.org/historical-profile/james-watson-francis-crick-maurice-wilkins-and-rosalind-franklin

Apêndice IX – NHE 5: Narrativa histórica sobre Lise Meitner

Prólogo

O frio irrompe as portas do laboratório tal como a presença inconfundível de Otto Frisch que quebra a concentração de Lise em suas pesquisas. Frisch, além de seu sobrinho também um renomado físico austríaco, chega aflito depois de um longo dia de caminhadas e notícias não tão agradáveis que haviam chegado em seus ouvidos. Angustiado, o físico não sabia como contar à sua tia que, como o conhecia bem, logo notou pelo seu semblante e sua não costumeira agitação de que havia algo de errado. A cerimônia de entrega do prêmio Nobel de Química que ocorrera na noite anterior tem sido motivo de burburinho entre alguns pubs da região, dentre eles o que Otto costuma frequentar. Deixando suas anotações de lado, Lise se senta na cadeira mais próxima ao lado de sua bancada principal de estudos e chama então seu sobrinho para acompanhá-la numa xícara de chá já morna devido às constantes mudanças climáticas que ocorriam com o fim da estação. Lise, preocupada com a situação, indaga à Otto com certa apreensão a natureza daquilo que parecia tanto lhe afligir:

- Parece que o dia de hoje não foi tão alegre... Gostaria de falar sobre isso?

- Minha tia, só não quero lhe magoar de forma alguma. Sei o quanto tem trabalhado e o quanto tem dedicado sua vida à essas pesquisas. Alguém como a senhora tem minha eterna admiração. - Responde Otto encarando a janela do outro lado da sala que mostra ao longe as últimas folhas caindo da árvore. Era sinal de que o inverno já estava por chegar.

- Compreendo e sou muito grata por isso, meu querido. Mas por que tais palavras tão gentis me magoariam?

- Não são essas palavras em si, mas sim o que escondo por trás delas. Pelo que parece, Otto Hahn, aquele com o qual a senhora trabalhou durante anos, ganhou o prêmio Nobel de química por sua pesquisa sobre fissão nuclear. Só se fala disso dentre a academia, muitos são os burburinhos…

Meitner sabia o que isso significava. Sim, claro que o sucesso de um -acreditava ela- grande amigo, denotava grande felicidade. Mas, ao fundo, Lise entendeu a real gravidade do que havia acontecido. Ela e seu sobrinho haviam mandado uma carta a tão renomada Revista Nature, que consistia em uma explicação teórica que havia sido completamente ignorada pelo comitê, ao preferirem então uma pesquisa que ela e Hahn haviam sim feitos juntos, mas que o mesmo acabou esquecendo - ou melhor preferiu esquecer - de dar os devidos créditos.

A física fora uma das grandes responsáveis do então premiado projeto que agora passava claramente em seus pensamentos. Lise e seu sobrinho perceberam que um átomo de urânio podia se alongar quando bombardeado por nêutrons térmicos em alta velocidade, possibilitando uma divisão dos átomos de urânio em duas "gotas menores". Para entender como o núcleo do bário poderia ser formado a partir de núcleos de urânio que eram quase duas vezes mais pesados, utilizou-se o "modelo de gota líquida" de Niels Bohr. A gota líquida pode se dividir em duas mesmo com a tensão superficial, e o mesmo ocorre com os núcleos, que apesar de estarem sobre uma energia de coesão maior que a de repulsão, em um determinado momento essa tensão se rompe. Como todos os prótons se repeliam por causa de suas cargas elétricas positivas, eles perceberam que a tensão superficial foi cancelada por essa repulsão elétrica. Em seus trabalhos, Frisch estimou como a divisão da carga elétrica diminuiria a tensão superficial da gota, permitindo que ela se dividisse, enquanto Meitner calculou a energia que seria liberada com tal quebra. Os dois, tia e sobrinho, num trabalho conjunto e com ardor, conseguiram então um artigo publicado na renomada revista Nature em fevereiro de 1939.

Tantos anos de dedicação esnobados. Tanto tempo que fora esquecido por seu não mais tão querido parceiro. Mas, Lise com suas convicções e certezas sobre suas contribuições na ciência, forçou-se a manter um semblante um tanto quanto neutro e com um ar de segurança, respondendo assim a seu sobrinho que parecia estar tão longe, apreciando com longas goladas seu chá de Julte.

- Sabe Otto, durante meu doutorado, Boltzmann me disse algo do qual nunca irei esquecer, algo que tem me guiado e me fortalecido por todos esses anos. É uma frase que diz que a "a física é como uma batalha pela verdade suprema" e me parece que alguns têm levado a vera essa tal de batalha, da qual sempre foi a fim de buscarmos a verdade em nossas pesquisas. Muitas já são nossas dificuldades enquanto pesquisadores e sendo assim não quero tornar nada mais difícil para mim. Sei que está chateado, mas sempre visei o bem da ciência mesmo que este não venha com benefícios próprios.

Otto não conseguia entender como sua tia poderia estar tão calma em meio a tal situação, sua pesquisa havia sido roubada! Como ela não poderia estar irritada ou buscando uma justificativa por seu antigo parceiro ter feito o que fez? Ou ao menos uma retratação? Frisch não conseguindo compreender os motivos de sua tia, achou inviável permanecer em silêncio e resolveu expressar seu descontentamento e vontade de justiça, mesmo que não requisitados.

- Minha tia, aqueles parvos roubaram anos de seu esforço, ainda tiveram o desplante de dizer que a senhora não teve participação na pesquisa. Devemos buscar compensação! Devemos ir atrás de seu reconhecimento!

Lise por sua vez permanecia com sua mesma máscara de segurança e irredutibilidade, mesmo que só por fora. Hahn tinha conhecimento da situação da física na Suécia, a falta de apoio e as críticas dirigidas a Meitner eram constantes.

Não ser creditada na pesquisa, que os cientistas haviam executado em colaboração, simbolizava mais que uma ruptura em suas amizades, significava negar o reconhecimento de Lise como uma cientista, em uma condição de equidade com todos os outros. De fato, para Lise Meitner importava, antes de tudo, a ciência, contudo sem receber os seus devidos créditos na pesquisa, ela sentia uma irreparável ferida em sua reputação. O dano causado afetaria todas suas chances de melhorar seu status dentro do meio científico, era o mesmo que dizer que nenhum trabalho que a cientista realizou, antes ou depois da fissão nuclear, era digno de ser reconhecido. Lise não conseguiu evitar se sentir deprimida com toda a situação.

Contudo, ela acreditava que a única verdade a ser buscada deveria ser a da ciência, mesmo com os anos de pesquisa sem o devido reconhecimento e a confiança quebrada. Lise também era uma pessoa e sentia as devidas emoções tal como qualquer um sentiria, mas isso não significava que deveriam ser expressadas e dramatizadas como Frisch havia feito. Todo esse teatro para que? Que continuemos no que realmente importa. Que foquemos na ciência. Pensava a cientista.

Acabando sua xícara de chá e deixando de lado as revoltas de seu sobrinho que agora falava, falava e falava por todo o recinto, e limitando-se a balançar a cabeça, Lise voltou às suas anotações, pensando em como deveria reagir na próxima troca de cartas com Otto Hahn

Capítulo 1

Em novembro de 1938, Otto Hahn e Lise Meitner se encontraram em Copenhague na Dinamarca, em um pub muito frequentado por cientistas e renomados pesquisadores. Logo após entrar no recinto, Meitner percebeu as miradas hostis dirigidas a si. No início, ela não entendia o significado por trás, pensou que devia estar relacionado ao fato de ser considerada uma estrangeira por aqueles homens, o que de fato seria estranho, já que o estabelecimento era conhecido por servir como ponto de encontro para estudiosos oriundos de todo o globo.

Resignada a ignorar o que estava acontecendo, Lise resolveu pedir uma mesa ao atendente que logo a recebeu com uma repentina descortesia, tão somente para encaminhá-la a outro tjeneren[2], desta vez do sexo feminino. Impassível aos súbitos acontecimentos ao seu redor, Lise estava decidida a não deixar que seus sentimentos atingissem seu exterior. Fiel ao seu papel, a física seguiu, de cabeça erguida, até a mesa designada pela atendente que demonstrava graves sinais de nervosismo, Meitner concluiu que de certo ela seria nova naquele serviço.

Durante seu percurso ao interior do pub, Lise percebeu que por onde passava os murmurinhos daquele animado local iam cessando repentinamente, a situação prosseguiu por poucos segundos, porém foi tempo suficiente para a cientista atestar sua sanidade perante o que ocorria. Enfim chegando a sua mesa Lise Meitner se viu obrigada a esperar a chegada de Otto Hahn, anos haviam se passado e aparentemente o velho amigo não desenvolvera a habilidade de ser pontual, pensava com escárnio a cientista, enquanto se permitia um sorriso zombeteiro. Foi quando a física ouviu, começaram com sussurros, mas logo o barulho foi aumentando exponencialmente, até que a própria Lise conseguia distinguir as palavras.

- Ela foi infeliz no amor- Dizia um dos homens presentes.

- É uma mulher que prefere a companhia de outras mulheres - prosseguiu outro enquanto gargalhava.

- Ela deve ser a amante desprezada de algum homem casado!

Meitner não era tola, sabia que as palavras estavam sendo dirigidas a ela, porém estava decidida a ignorar, era algo que sempre ensinava ao seu sobrinho, não valia a pena se descontrolar por algo tão vazio, como eram os comentários perversos de homens bêbados e desocupados.

Contudo, assim que a presença de Hahn se fez presente em sua mesa, os olhares e risadas dirigidos em sua direção suavizaram até desaparecerem completamente. Lise conteve a sensação de desagrado que se apoderou de seu corpo e cumprimentou seu companheiro de longa data. Ao expressar seu descontentamento sobre a situação que acabara de acontecer a Otto, o químico emitiu um singelo sorriso, simplesmente proferindo:

- Ora minha cara, de certo eles devem ter ficado surpresos a ver uma pessoa como você, nesse horário, entrar desacompanhada neste estabelecimento. - Hahn então fazendo pouco caso, dispensou o assunto com um meneio de mão.

"Uma pessoa como eu?" – Pensava Lise. Por ínfimos segundos a cientista chegou a cogitar que ele estivesse se referindo a ela ser judia, imediatamente descartou a hipótese, ela sabia a que Otto Hahn estava se referindo. O motivo das miradas detestáveis quando ia sozinha aos lugares, de ter que realizar suas pesquisas em cômodos escondidos em institutos e de não receber apoio na sua carreira.

Não era costumeiro uma mulher como ela estudar durante tanto tempo, tampouco participar de pesquisas e projetos. O casamento, a ideia de formar uma família era tudo que todos priorizavam e tudo que a física tão pouco privilegiou. Por outro lado, a jovem Meitner se questionava se realmente estava fazendo o certo quando via outras meninas se casando na devida idade. Todavia, sempre esteve certa do que realmente queria e não se deixou desanimar mesmo que a educação de uma mulher como ela usualmente não passasse dos meros 14 anos. Com o devido apoio de seus pais que fizeram questão de seus filhos terem uma educação que independiam de seus sexos, a pequena Lise estudava em aulas particulares ou até sozinha, o que a formou com uma educação de excelência e veio a garantir seu doutorado.

Os pensamentos de Meitner logo foram jogados a outro cenário que ocorrera há anos, mas que nem por isso se tornou menos desconfortável. Ao ser apresentada - junto com Hahn – a Rutherford, um famoso químico da época, o mesmo proferiu que acreditava que Lise fosse um homem, ficando satisfeito de esquecer-se da presença da física durante o resto da noite, focando

sua atenção inteiramente em Otto. Enquanto os dois homens conversavam sobre suas pesquisas, Lise se viu obrigada a fazer compras de natal com a esposa de Rutherford.

De fato, não era nada fácil ter voz, Lise concluiu que não importava o que ela fizesse, para aquelas pessoas, ela nunca seria boa o suficiente. Era uma sociedade que tinha um âmago machista, com ideias sexistas de separação de papéis, que acreditava que a única função de uma mulher era abdicar de suas vontades próprias e dedicar-se somente ao lar. É claro que a física não tinha nada contra as mulheres decididas a se casar, embora Lise tivesse recebido propostas antes, por decisão própria, declinou todas. "*Quantas mulheres não desistiram de seus sonhos e objetivos em nome de interesses alheios?*" – Se perguntou Meitner agora tão imersa em seus pensamentos que Hahn se questionava se a física estava realmente ali.

O som de um copo se estilhaçando ao fundo fez com que Lise voltasse para a realidade. Cansada de ser menosprezada, porém resignada a não deixar que seu feliz reencontro com um importante amigo fosse ainda mais arruinado, Lise limitou-se a suspirar e voltou-se ao que realmente importava para ela, e o real motivo daquele encontro: A ciência.

Meitner sugeriu um novo tema para a reunião, a atual pesquisa que os dois cientistas trabalhavam em colaboração.

- Velho amigo, eu recebi os últimos resultados que me mandou, foi verdadeiramente surpreendente, tem certeza que um produto do urânio pode se tratar de um isótopo do elemento rádio?

- Ora, realizamos todas as etapas do experimento diversas vezes, os resultados obtidos foram análogos! Em nossas pesquisas, nunca podemos afirmar sermos os possuidores da única verdade, mas não tenho saída além de aceitar essas conclusões - Exclamou o físico exasperado.

Lise entendeu a posição do amigo, no ramo científico quando se realizava um experimento e o resultado se repetia diversas vezes, se tornava complicado negar a sua veracidade. Contudo a física acreditava que era necessário um novo olhar para descobrir a real propriedade do elemento, às vezes os cientistas estavam tão imersos em seus círculos de pesquisa que acabavam tendo seu senso de julgamento afetado. Muitas vezes, isso acontecia por serem equipes de cientistas pequenas, onde as informações e métodos usados são parecidos, para não dizer os mesmos.

Meitner sugeriu que o químico realizasse os experimentos de uma outra forma e que, talvez, fosse interessante consultar a opinião de uma terceira pessoa, além dela e de Strassmann. Hahn aceitou a opinião da física de muito bom grado, logo seguindo para outro tópico.

Imersos em uma discussão acalorada sobre as propriedades dos elementos químicos, os cientistas não perceberam o transcorrer das horas e que lá fora a noite já caíra, assim como as folhas das árvores que denunciavam a chegada do outono. Decididos a encerrar o assunto – por aquele momento - Lise Meitner e Otto Hahn se separaram naquela fatídica noite, com promessas de se encontrarem novamente em outra ocasião. Lise ansiava que o próximo encontro trouxesse notícias positivas em relação a suas pesquisas.

Capítulo 2

De certa forma, Meitner considerava curiosa a forma como a vida a havia levado até ali, depois de enfrentar todas as limitações impostas a ela por uma sociedade repleta de preconceitos, que insistia em pôr empecilhos em seu caminho. Lise conquistou o honorável feito de ser a segunda mulher a receber um doutorado em física pela universidade de Viena. Mediante a um regime de totalitarismo unipartidário fascista, a cientista de origem judia, viu-se coibida pelas leis antissemitas a fugir da Alemanha, para não ser deportada para algum campo de concentração, onde certamente teria sido morta. Apesar de tudo, Meitner não renunciou de suas pesquisas e não era essa desagradável situação que a levaria a abdicar agora.

Na condição de refugiada na Suécia e sem receber recursos para fazer sua própria pesquisa, tinham-lhe cedido apenas um espaço para montar um laboratório, mas ela não tinha colaboradores, equipamentos ou suporte técnico, nem mesmo seu próprio molho de chaves! Apesar de ter deixado todos seus bens para trás e saído da Alemanha com meramente 10 marcos junto a si, Lise ainda mantinha contato por intermédio de cartas com seu grande amigo e companheiro de pesquisas, Otto Hahn. Que permanecera na Alemanha, mas que havia tido um papel crucial durante a fuga de Lise pela fronteira da Holanda.

Por correspondências, Meitner e Hahn trocavam informações a respeito de seus avanços na pesquisa, a qual a cientista dava orientações. Naquela manhã, mais uma das cartas de Otto Hahn havia chegado, Lise concentrava-se em seu conteúdo enquanto sorvia seu costumeiro chá Julte.

"...Enquanto isso, estamos trabalhando nas substâncias de urânio - eu, sempre que tenho a chance, e Strassmann, incansavelmente, apoiado por Lieber e Bohne. Agora são praticamente onze horas da noite. Strassmann vai voltar às 11:45 para que eu possa chegar em casa finalmente. A coisa é: há algo tão estranho sobre os 'isótopos de rádio' que, no momento, não queremos contar a ninguém além de você. As meias-vidas dos três isótopos são bem determinadas com precisão; eles podem ser separados de todos os elementos, exceto bário: todos os processos estão corretos. Exceto por um - a menos que haja algumas circunstâncias acidentais muito estranhas envolvidas, o fracionamento não funciona. Nossos isótopos Ra [rádio] se comportam como Ba [bário]. Não podemos encontrar enriquecimentos definidos com BaBr2 ou cromato, etc. Agora, na semana passada, no primeiro andar [o seu ex-Departamento de Física], eu fracionei ThX, e tudo correu exatamente certo. Então, no sábado, Strassmann e eu separamos um dos nossos isótopos Ra com o MsThl como um indicador. O mesotório foi enriquecido de acordo com o plano, mas não o nosso Ra. Isso novamente pode ser o resultado de um acidente muito curioso. Mas estamos cada vez mais chegando à terrível conclusão de que nossos isótopos Ra não se comportam como Ra, mas como Ba. Como já disse, outros elementos transurânicos - U, Th,Ac, Pa, Pb, Bi, Po - não se encaixam na imagem. Strassmann e eu concordamos que, por enquanto, ninguém deveria saber a não ser você. Talvez você possa sugerir alguma explicação fantástica. Nós mesmos percebemos que não pode realmente irromper em Ba. O que queremos verificar agora é se os isótopos Ac produzidos a partir do Ra não se comportam como Ac, mas como La. Todos são bastante complicados! Mas devemos esclarecer isso..."

Ao ler aquelas palavras Meitner não conseguia conter sua incredulidade, como era possível que aqueles resultados tivessem sido observados? Se questionava a física. Incapaz de encontrar uma solução, Lise se perdeu em devaneios até ser despertada para a realidade por seu sobrinho.

Otto Frisch, a encontrou naquela fria manhã de Natal, em um pequeno hotel perto de Gotemburgo, meditando sobre a carta de Hahn que acabara de ler. O físico ansiava discutir os planos para seu próximo experimento, por isso, ao vê-la com essa não costumeira hesitação, Frisch indagou se Hahn não estaria errado em sua resolução. Com um menear de cabeça Lise negou a suposição de seu sobrinho.

- Hahn é um químico bom demais para estar errado, seus resultados devem estar corretos.

- Mas como se pode obter um núcleo de bário de urânio? - contestou Frisch.

A física não sabia a resposta.

Pelo restante do dia, Meitner e Frisch andaram pela neve na tentativa de desvendar aquele tão formidável enigma, Otto em cima de esquis e Lise a pé, a cientista queria e provou que conseguia continuar tão rápido quanto seu sobrinho, mesmo percorrendo o caminho normalmente.

- Será que o núcleo se rompeu com um cinzel? - Questionou o físico.

- Parece impossível que um nêutron possa agir como um cinzel e, de qualquer modo, a ideia de um núcleo como um objeto sólido que consiga ser quebrado está errada; um núcleo é muito mais como uma gota de líquido!

Foi nesse momento que os cientistas pararam e se encararam. Eles se lembravam do já clássico modelo de queda de líquido do núcleo e imaginavam que uma gota poderia ser puxada para fora em forma de haltere com a cintura no meio e depois alongar mais até que a cintura ficasse tão fina que a gota pudesse se romper em dois pedaços. A princípio, eles pensaram que a tensão superficial continuaria puxando-a de volta para o círculo, mas depois sentaram-se em um tronco e começaram a calcular a partir do modelo de gota líquida de um núcleo a tensão superficial de um núcleo de urânio 92 prótons.

Epílogo

Mais tarde, depois de saber sobre a exclusão de seu nome no projeto da fissão nuclear Lise Meitner enviou uma carta a Otto Hahn, onde revelava seus reais pensamentos.

"Caro Otto! ... Seus resultados apresentam uma maravilhosa cadeia fechada de produtos, e é maravilhoso o que você realizou nestas poucas semanas. Infelizmente, temo de que a maneira como você tratou a nossa nota, signifique que você está pessoalmente irritado com o lapso em nossas citações de literatura. Eu realmente sinto muito. Eu esperava um pouco que a nossa nota pudesse dar a você algum prazer, e teria sido tão bom para mim se você tivesse escrito que nós -independentemente de suas descobertas maravilhosas- tínhamos chegado à necessidade da existência da série Kr-Rb-Sr. Você mesmo escreveu em sua primeira resposta ao nosso manuscrito, "Eu acredito que descreveremos brevemente nossas experiências com Sr e Y e direi que você também afirmou essa suposição". Comigo as coisas não são boas de jeito nenhum. Tenho um lugar para trabalhar aqui, mas nenhuma posição que me dê o menor direito a qualquer coisa. Tente por um momento imaginar como seria se, ao invés de seu próprio instituto bonito, você tivesse uma sala de trabalho em um instituto estranho, sem a menor ajuda, sem quaisquer direitos, e com a atitude de Siegbahn: ele só ama máquinas grandes, tem muita certeza de si mesmo e autoconfiante, e provavelmente não quer ninguém independente ao seu redor. E eu com a minha insegurança interior e auto-consciência, que eu tenho que fazer todos os pequenos trabalhos que eu não tenho feito por 20 anos. Claro que é minha culpa; Eu deveria ter preparado minha partida muito melhor e muito mais cedo; deveria ter tido pelo menos um desenho para o mais importante aparelhos, etc. Siegbahn disse-me uma vez, Debye não escreveu nada sobre colegas de trabalho ou assistentes (pedi a Debye para fazer isso várias vezes) e ele tem pouco espaço de trabalho. Para mim isso não parece verdade, o instituto parece vazio, há poucas pessoas por perto. Mas o importante é que eu vim com as mãos tão vazias. Agora Siegbahn vai gradualmente acreditar, especialmente depois de seus belos resulta dos que eu nunca fiz nada e que você também fez toda a física em Dahlem. Estou gradualmente perdendo toda a minha coragem. Perdoe essa infeliz carta. Eu nunca escrevi o quão ruim realmente é. Às vezes eu não sei o que fazer com a minha vida. Provavelmente há muitas pessoas que emigraram e que se sentem como eu, mas ainda assim é muito difícil."

O erro cometido pelo comitê do prêmio Nobel nunca foi reconhecido pelos organizadores. Em 1966, Meitner, Hahn e Strassmann receberam o prêmio Fermi, pelo reconhecimento do trabalho dos três na descoberta da fissão nuclear.

Lise Meitner morreu em 27 de outubro de 1968 poucos dias antes de completar 90 anos de idade.

Referências:

https://www.atomicheritage.org/key-documents/meitner-frisch-nuclear-fission

http://rsbm.royalsocietypublishing.org/content/roybiogmem/16/405.full.pdfv

https://scientificwomen.net/women/meitner-lise-66

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-47442005000400001&script=sci_arttext

https://www.nature.com/articles/143471a

https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=p_P1Wm5MnVAC&oi=fnd&pg=PA0&dq=lise+meitner&ots=XnFTEBcwfz&sig=VJOlTvDFGOSlGBMKBabC-2PCXXQ

(A Century of Nature: Twenty-One Discoveries that Changed Science and the World)

https://www.nature.com/articles/143471a

https://www.nature.com/articles/165561a

https://www.nature.com/articles/143471a

https://www.nature.com/articles/165561a

https://aapt.scitation.org/doi/abs/10.1119/1.16196

https://www.nature.com/articles/165561a

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172005000400001

https://aapt.scitation.org/doi/abs/10.1119/1.16196

http://ansnuclearcafe.org/2012/02/14/lise-meitners-fantastic-explanation-nuclear-fission/#st

http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v4n2a07.pdf

https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-941.2014v31n3p536/27959

Apêndice X – NHE 6: Uma Vida Além do Tempo

1. A HISTÓRIA ESCONDIDA POR TRÁS DA CIÊNCIA

A correria se estendia pelos corredores do *Johns Hopkins Hospital*, o ano era de 1951. Uma paciente mulher, negra, com 31 anos, no auge de sua vida e mãe de cinco filhos, deu entrada no hospital com uma doença gravíssima. Estado terminal. Os médicos faziam o que estivesse em seu alcance para ajudá-la.

Era completamente normal ver casos assim por lá, os médicos trabalhavam dia e noite dando o melhor de si, por isso o *Johns Hopkins Hospital* era uma referência na medicina da cidade de Baltimore, em Maryland. Mas o caso de Henrietta era um pouco peculiar, sabia-se que era um tipo de câncer que ela tinha, porém alguns cientistas que trabalhavam conosco, como George Otto Gey, notaram particularidades em suas células. O Dr. Gey era um biólogo celular que trabalhava com a gente há alguns anos, desenvolvia pesquisas, e estar presente em um hospital sempre teve muito a lhe acrescentar. Obviamente foi consultado pelos médicos sobre as células da Sra. Lacks, a partir disso, demonstrou um grande interesse no caso.

O Dr. Gey dedicou décadas da sua vida para a biologia celular, tentando desenvolver meios de manter uma linhagem de células vivas fora do corpo humano. O seu objetivo era de cultivar uma cultura celular a fim de possibilitar estudos genéticos que não precisassem serem testados em seres vivos. Ele e sua esposa, Margaret Gey, desenvolviam "receitas" diferentes na tentativa de alguma delas terem os nutrientes necessários para as células, essas receitas normalmente continham plasma de frango, feto de bezerros e o sangue de cordão umbilical humano. Eles tinham até ligado uma campainha da ala de parto ao laboratório para que toda vez que um bebê nascesse, Margaret ou sua assistente fossem lá pegar esse sangue. Todas as tentativas foram falhas, mas das últimas vezes obtiveram resultados cada vez melhores.

Henrietta Lacks veio a falecer poucos meses depois de dar início aos tratamentos. Foi uma situação de partir o coração, ver alguém tão novo ser levado por uma doença tão séria. Toda a família lamentou muito, principalmente as duas crianças pequenas que ela deixou, agora, sob a responsabilidade do marido.

Apesar disso, os estudos não pararam. Com muita dedicação, Dr. Gey descobriu uma cadeia de células imortais, onde nem ele tinha muito conhecimento do que poderia estar contribuindo para a ciência futura. Tornamo-nos muito próximos pouco tempo depois que ele entrou no hospital, sempre me foi de extrema admiração todo o seu empenho para colaborar com estudos científicos. Então, por muitas vezes conversávamos sobre suas pesquisas.

Alguns anos depois, em uma noite de outono, George e eu saímos para o restaurante próximo ao hospital. Nosso expediente já havia acabado há duas horas e decidimos que esse sábado era digno de umas cervejas. Sentamos nos bancos confortáveis, mais distantes de toda a música alta, um ambiente aconchegante e bem iluminado. Ele dizia estar feliz, pois finalmente estava desenvolvendo os estudos pelo qual dedicou sua vida.

- Você já quis muito realizar um sonho, Cristoph?

- Acredito que todos os sonhos que temos, queremos realizar, não é mesmo? (*brinquei com ele, soltando umas risadas).*

- Claro. (*gentilmente retribuiu o riso).*

- Mas quero dizer se já teve um sonho pelo qual lutou sua vida toda, sabe? Você é jovem ainda, mas deveria encontrar motivação em alguma coisa.

- Entendo Sr. Gey, mas acho que nunca tive nada que me fizesse querer ir além. *(lamentei).*

- Eu estou realizando o meu maior sonho aos 54 anos de idade, menino. Essas células HeLa me renderam grandes estudos. Os quais procurei minha vida inteira, e de repente, bum. Caíram do céu exatamente sobre minhas mãos. *(ele fala surpreso).*

- Puxa, que bom! Eu gosto de ver sua empolgação para o meio científico, mas o que são exatamente essas células?

- São nada mais, nada menos que a primeira linhagem de células imortais descobertas! Tem noção do que podemos fazer com essas células? É um avanço magnífico pra ciência, principalmente para a biologia celular.

- Nossa! Isso é incrível. Com essa descoberta muitas outras coisas podem surgir. E o nome? Saiu de uma revista de quadrinhos científica? *(o riso sai solto e em alto tom).*

- Rapaz, você me deve mais respeito! Tenho idade para ser seu pai.

(os dois riem juntos por um momento, até que a aparência alegre do rosto do cientista se desfaz completamente, e a rudez aparece).

- O nome é um caso sigiloso, pouquíssimas pessoas têm conhecimento dessa sigla, se eu lhe contar, você não poderá comentar com mais ninguém. Posso confiar em você?

- Claro doutor. Pra quem o senhor acha que eu contaria? Nem a Jane houve minhas histórias do hospital.

- Há cinco anos, recebemos uma paciente com câncer, caso terminal. Lembra-se dela?

- Recebemos pacientes com câncer todos os anos, milhares de vezes por ano.

- Sim, mas essa era especial. Henrietta Lacks tinha células imortais, as que provocaram um câncer, na época os médicos não sabiam o porquê das diferenças em exames e me consultaram para que eu lhes ajudasse com meus estudos. Acabou que eles me ajudaram. Peguei amostras dessas células para desenvolver experimentos, pesquisas, e quem sabe, fazer alguma descoberta.

- Mas o senhor informou isso ao hospital não é?

- Sim, claro. Tive o consentimento da direção, mas a família Lacks nunca nem desconfiou disso, por unanimidade do laboratório optamos por não comunicá-los, pois não podíamos perder a oportunidade de um estudo tão importante como esse, caso eles não permitissem.

- Isso é errado! Não é justo que alguém contribua para estudos e nem sequer tome conhecimento ou mérito por isso. É antiético invadir dessa maneira a moral de alguém.

- E você acha justo perder anos de pesquisa por simples e pura ética? *(o tom firme e grosso já me fazia desconhecer o homem que estava à minha frente).*

- Você não entende que isso vai muito além de estudos? De ciência? Isso é humanidade! Todos os pacientes que entram e saem daquele hospital são seres humanos, e devemos, no mínimo, respeito a eles. *(meu tom de voz cresce acompanhando a grosseria dele).*

- Você é apenas um jovem de 31 anos, não sabe nada sobre a vida. Não sabe o que é dedicar 20 anos da sua vida em uma coisa que parece nunca ter fim. Eu encontrei essa oportunidade, e não é por causa de uma "moralzinha" social que vou perdê-la! *(diz bruscamente enquanto se levanta da mesa).*

- Tudo bem por aqui, senhores? *(somos interrompidos educadamente por uma garçonete que percebia a agitação que estava se instalando no local).*

- Tudo sim. *(eu respondo gentilmente).* - Pode ficar tranquila que eu e meu companheiro já estamos de saída. - Não, eu vou sozinho. Só espero uma coisa de você, rapaz: sua lealdade. Sabe que sempre lhe tratei como um filho, lhe dei minha confiança. Não me decepcione! *(se dirige em direção à saída brutalmente, sumindo com o fechar da porta).*

Por toda aquela noite fiquei pensando no trabalho do doutor. George sempre me pareceu uma pessoa admirável, já estive muitas vezes com ele no laboratório alimentado minha curiosidade e interesse sobre as pesquisas, mas uma coisa não leva a outra. Durante o caminho pra casa me esforcei para lembrar-me de todas as situações na época em que a paciente era viva, eu mesmo levei as amostras para ele identificar o problema das células, como não teria percebido nada... Ele era um grande amigo, mas era certo que a família soubesse o que aconteceu com Henrietta.

Algumas semanas se passaram, com a ajuda dos dados do hospital consegui o endereço onde os Lacks moravam. Depois de pensar muito, tomei minha decisão de comunicá-los, mesmo que pudesse ser um peso para a família retornar ao assunto tão dolorido, ou que eu perdesse a amizade do Dr. Gey. Eu me sentiria um cúmplice se fingisse não saber de nada.

Eles não moravam tão longe do hospital, então não foi difícil achar a casa. Duas batidas consecutivas foram suficientes para ouvir um grito e logo em seguida a chave girar na fechadura.

- Olá, boa tarde! O senhor deseja falar com quem? *(a doce voz de uma menininha saiu do entreaberto da porta).*

- Oi, mocinha. Seu pai está em casa?

- "Tá" sim. *(em um grito forte e fino a menina chama o pai para atender-me).*

- Boa tarde, senhor. Como posso ajudá-lo?

- Sou do *Johns Hopkins Hospital*, o senhor era marido de Henrietta Lacks?

- Olha, não queremos falar sobre isso, vou pedir para que o senhor saia do meu terreno agora. Todos os assuntos pendentes já foram resolvidos com o hospital, respeitem nosso luto. *(arrogantemente foi fechando a porta, que foi impedida pela minha mão).*

- Eu não vim falar sobre o hospital, mas preciso lhe informar uma coisa sobre o tratamento da sua esposa. Por favor. *(supliquei)*

- Tudo bem, mas vamos falar aqui fora, longe das crianças.

A casa tinha uma varanda espaçosa na frente, uns banquinhos abaixo da janela eram confortáveis e ali ficamos.

- Então... Seja direto!

- Senhor, na época em que sua esposa se tratou em nosso hospital, nós percebemos uma diferença genética em suas células. Foram levadas algumas amostras ao laboratório para entendermos do que se tratava, desde então, começaram a ser produzidos estudos em cima dessas amostras celulares, e são desenvolvidos até hoje. O câncer da sua esposa originou uma cadeia de células imortais, um avanço incrível para a ciência. Nem sabemos o que mais pode ser descoberto. Porém, eu só tomei conhecimento disso alguns dias atrás, e hoje vim aqui tanto para lhe informar que sua mulher colaborou muito para o meio científico. E lhe pedir desculpas por ninguém ter informado vocês antes.

- Eu acho uma audácia! Você veio até a minha casa para me parabenizar pela morte da minha esposa. Eu quero que a ciência vá se danar! Todo o tratamento cruel que foi feito a minha esposa era para um estudo então? Não acredito que...

- Não, me perdoe! Não foi isso que eu quis dizer, eu vim avisá-lo justamente por ser errado a postura que toda a equipe tomou. *(o interrompi na falha tentativa de acalmá-lo).*

- Não acredito que vocês colocaram um estudo acima da vida de alguém. Suma da minha casa! Não me apareça aqui novamente, respeite o nome da minha mulher mesmo depois de morta. *(foi se levantando e me puxando pelo braço de forma grotesca, me obrigando a segui-lo).*

- Não era essa a minha intenção. Eu lamento muito pela morte dela! Desculpe-me.

- Saia! E avise ao seu chefe que irei processá-los! Vocês não tinham o direito...

Meses depois todos do hospital foram informados sobre o processo, e o peso maior caiu em cima do Dr. Gey. Nessa mesma semana, recebi pelo correio uma intimação para testemunhar em favor da família Lacks. A sessão do tribunal estava marcada para o dia 9 de março de 1953, às 09h00min, eu não sabia o que me perguntariam e esse era meu maior medo.

2. O TRIBUNAL

[nove de março de 1953]

O seco barulho do martelo de madeira chama a atenção de todos, em poucos instantes o tribunal se cala.

- Silêncio no tribunal, a audiência do caso HeLa começará. Apresento-vos Vossa Excelência, juíza Scarlett Price. *(o policial próximo a porta fala em alto tom).*

- Bom dia a todos! Damos início à sessão. *(novamente o martelo é batido, fazendo seu som ecoar por todo o ambiente).* Promotor, Peter Morgan, apresente o caso.

- Bom dia, Meritíssimo! Estou aqui para defender a família Lacks cujo não só sofreu danos à sua moral, como perderam um ente querido, Henrietta Lacks. O hospital Johns Hopkins, juntamente com o Dr. George Gey e a equipe de laboratório, se aproveitou da doença dessa mulher para realizar análises e estudos científicos sem o consentimento da mesma e da família, lucrando milhões em cima disso. A história que será apresentada aqui reflete a maior contradição: de um lado, uma família pobre passando necessidades, em luto; um pai sem condições de sustentar seus filhos, apelando para o trabalho infantil. Do outro, cientistas explorando o campo científico através da doença de uma paciente, lucrando e recebendo todo o reconhecimento disso, sem qualquer mérito a mulher. Testemunhas e provas serão apresentadas de que o *Johns Hopkins Hospital* só se importava em desenvolver ciência, fazendo do seu paciente uma simples cobaia. *(se dirige até a mesa do júri deixando alguns papéis para análise)*

- Obrigada, Peter. Advogado de defesa, Sebastian Turner, levante-se e se apresente.

- Bom dia ao tribunal! O grave câncer de Henrietta a matou. A jovem mulher recorreu ao Hospital Hopkins alguns anos depois de já suspeitar da doença, tudo que os médicos podiam fazer, foi feito. Então, ela deixou como legado esse avanço nas ciências biológicas. Talvez se demorasse anos para descobrir o que o Laboratório do hospital descobriu com partes do tecido celular da Sra. Lacks. Um avanço em potencial que permitiu diversos outros estudos pelo mundo, como a criação da vacina da Poliomielite, no ano seguinte de sua morte. Nenhum dos médicos foi culpado pela morte dessa mulher, e seriam eles culpados por quererem desenvolver estudos na busca da cura de outras doenças? Não foi se aproveitar da doença, foi se preocupar com o futuro das outras pessoas. Fica a critério do júri saber escolher qual é a certa história. *(também é entregue um relatório).*

- Passarei as instruções que devem ser seguidas neste tribunal: um familiar da vítima terá direito de fala antes de todos, a preferência de interrogação se dará ao senhor Peter, advogado de acusação, caso a defesa veja necessidade de lhe perguntar algo, terá o mesmo

tempo disposto ao anterior. Após isso, chamaremos as testemunhas de acusação para darem seu depoimento com a promotoria lhes direcionando, e depois as testemunhas de defesa. Para ambos os casos, os advogados referentes terão um primeiro momento de questionamentos, se necessário, a outra parte pode entrar com inquirições. Por fim, será ouvido o depoimento do réu. Tudo aqui dito, perante este tribunal, será nada além da verdade, respeitando, acima de tudo, a história de cada um. Posteriormente, caberá ao júri tirar suas conclusões. *(a juíza informa ao tribunal e depois bate o martelo para dar início ao inquérito).*

- Convoco o senhor David Lacks para ser interrogado e o réu tem o direito de permanecer em silêncio, a menos que lhe seja dirigida a palavra. *(o marido da vítima se dirige até a juíza e senta-se ao lado).*

- Senhor David Day Lacks, jura dizer a verdade, somente a verdade e nada a mais que a verdade?

- Eu juro.

- Tudo bem. Promotoria, lhe será concedido um tempo para falar com o parente da vítima, e o mesmo tempo para a defesa.

- Senhor Lacks, quando vocês tomaram conhecimento da doença de Henrietta?

- No mesmo ano de sua morte, após ela ter nosso quinto filho.

- E então vocês procuraram o serviço do *Johns Hopkins Hospital* para o tratamento dela?

- Isso.

- Como foi esse tratamento?

- Descobriram a doença, era um câncer no colo do útero, desde então começaram a ser realizada uma série de procedimentos. Eu não participei efetivamente desse tratamento, tínhamos cinco filhos pra cuidar nessa época, inclusive dois ainda usavam fraudas. Mas ela foi atendida só por médicos que podiam cuidar de pessoas “de cor”, como chamam os negros naquele hospital e das coisas que eu fiquei sabendo, introduziram tubos de radiação, mas essa foi a única coisa que eu soube de verdade.

- Como soube que as células de sua mulher estavam sendo utilizadas para pesquisas científicas?

- Uma vez a equipe do hospital me ligou para perguntar se poderia extrair uma amostra desse câncer, mas decidi não autorizar. Eu estava de luto naquela época, é direito meu não deixar esses cientistas colocarem as mãos na minha esposa logo após sua morte. Algum tempo depois o senhor Lengauer bateu em minha porta dizendo que estavam usando as células da Henrietta para cunho científico sem a minha permissão, disse que mudou o rumo da ciência, mas e a minha opinião? Ela foi jogada no lixo junto com a honra da nossa família! *(diz com a voz alterada e emocionada).*

- Mantenha a calma, senhor Lacks, (*Disse a juíza batendo o martelo para acalmar o resto do tribunal que já cochichava sobre a história*) daremos continuidade ao depoimento, por favor. Senhor Lacks, o senhor sabe para que as células HeLa estão sendo usadas?

- O laboratório nunca nos deu nenhuma satisfação, mas vi nos jornais que colocaram minha finada esposa em bombas atômicas e até atiraram ela pro espaço, ela está morta e vocês não tiveram qualquer respeito!

- O senhor tem alguma coisa a mais para acrescentar ao seu depoimento?

- Gostaria apenas que os senhores se colocassem no lugar da minha família, nós fomos enganados. Eu sei que o senhor Gey ganha muito dinheiro em cima das células da minha esposa. Eu li em jornais que os senhores falam que a mulher que supostamente doou as células se chama Helen Lane, como assim Helen Lane? O nome dela é Henrietta Lacks! Os senhores além de roubarem nossa família, ainda tiram os créditos da minha esposa, eu me sinto muito impotente em relação a toda essa história, pois não pude proteger minha mulher da mão dos senhores. Não tenho mais nada a dizer. *(o Sr. Lacks termina seu depoimento com lágrimas nos olhos, levanta devagar de onde estava e se dirige para o seu lugar de origem na esperança de honrar o nome da família Lacks).*

- Convoco Sadie, prima da Henrietta, para ser interrogada pela Promotoria.

(A jovem entra no tribunal emocionada, de aparência magra).

- Senhora Sadie, jura dizer a verdade e somente a verdade, nada a mais que a verdade?

- Sim, eu juro.

- Senhora Sadie, você conviveu grande parte do tempo com Henrietta Lacks, certo?

- Sim.

- Durante esse tempo, sua prima apresentou algum sinal que pudesse servir para desconfiar de alguma doença?

- Bem, aparentemente ela parecia saudável, conversava e fazia suas atividades diárias normalmente. Mas me lembro de algumas vezes em que ela reclamava de dores fortes no abdômen e comentou sobre sangramentos.

- E diante de tal fato vocês cogitaram a possibilidade de ir ao médico?

- Eu até pedi para ela ir, tentei incentivar, mas não tínhamos dinheiro que desse para pagar um bom plano de saúde e ir aos hospitais próximos era humilhante a maneira que nos tratavam como "pessoas de cor". Tudo era separada, uma ala para a gente, médicos para atender negros e até bebedouros. A Hennie nunca suportou essa situação, e sempre dizia que não doía o suficiente e não via necessidade em ir, e o assunto não foi mais mencionado.

- Senhores como podem ver tanto Sadie quanto o Sr. Day disseram que Henrietta não sentia tantas dores ao ponto de necessitar de um médico, mas a situação mais desagradável era estar presente em um local que não se sentia bem-vindo. Será que os recursos que o Hospital lhe ofereceu eram suficientes? Pois sete meses depois de dar entrada no Hopkins ela veio a falecer. Sem mais perguntas.

- Chamem o senhor Cristoph Lengauer, por gentileza então.

- Senhor Lengauer, você jura dizer a verdade, somente a verdade e nada a mais que a verdade?

- Eu juro.

- Senhor Lengauer, você poderia contar para todos aqui presente quando teve o primeiro contato com Henrietta e como isso se deu?

- A primeira vez em que estive com Henrietta foi no dia em que ela chegou no Johns Hopkins Hospital pela primeira vez. Nesse dia eu estava trabalhando, então acabei esbarrando com ela e sabendo por outros médicos o motivo dela ter dado entrada no hospital. Eles me contaram que Henrietta se queixava de fortes dores e que ainda não sabiam ao certo o que ela tinha. Depois desse dia a vi outras vezes no hospital, mas nunca tive um contato direto com ela.

- Você acabou de falar que não teve nenhum contato direto com a paciente, mas sabia das células, certo? Como soube?

- Em um dia após o término do meu plantão, eu saí para beber com o Dr. Gey. Durante a conversa, acabamos entrando no assunto sobre o caso de Henrietta. Ele me explicou melhor o que tinha acontecido e nisso contou que tinha pego essas células em sigilo para estudos e análises, mas pediu para que aquele assunto ficasse só entre nós dois.

- O doutor é seu amigo, não é mesmo? O que te motivou a trair a confiança dele e contar a história para a família de Henrietta?

- Na verdade, eu fiquei em um grande dilema, não foi tão fácil de falar. Pensei bastante, pois considero muito o Gey, mas isso envolvia causas maiores. Fiquei muito indignado ao saber dessa história, porque a família tinha total direito de saber que estavam usando células de um ente seu e lucrando com isso. Na minha visão, não parecia justo que todos esses cientistas estivessem lucrando milhões com partes, mesmo que muito pequenas, do corpo de uma mulher, enquanto o esposo da mesma passava por necessidades com os filhos pequenos.

- E como o esposo de Henrietta te recebeu? Como foi a conversa de vocês?

- Bem, quando eu cheguei para falar ele me recebeu normalmente, mas depois que eu falei ele ficou muito nervoso, não me deixando falar direito, me expulsando de lá e falando que iria entrar com um processo contra os envolvidos. Mas eu também entendo toda essa revolta dele, provavelmente ele achou que eu também era um dos cientistas que estavam utilizando as células...

- Era só isso que eu precisava saber. Muito obrigado pelo seu depoimento.

- Chame, por favor, o senhor Howard Jones para que venha testemunhar.

Jones era um homem alto e magro, de cabelos agrisalhados, estava bem apresentável e parecia um pouco nervoso. *(Um policial para de frente ao médico e o pede para fazer o juramento, e ele cumpre jurando).*

- Sr. Jones, é verdade que o senhor foi o primeiro a atender a paciente? *(o advogado de defesa se levanta confiante, se preparando para interrogar suas testemunhas)*

- Sim, ela chegou ao hospital em fevereiro daquele ano, era noite já. Eu estava de plantão, portanto fui o primeiro a ter um contato mais direto com ela. *(Sua voz era grave com um fraco sotaque sulista).*

- E como se deu esse contato?

- Henrietta já sabia que tinha um caroço em seu útero, me auxiliou sobre onde estava, e ele era do tamanho de uma moeda. Ela já havia procurado um profissional antes, alguns médicos sugeriram ser sífilis, outro ainda pensou em gonorréia, mas ela não compareceu nas próximas consultas porque acreditava não ser nada disso, e estava certa. A história era simples: ela sangrava entre as menstruações, tinha dores abdominais, o que não é necessariamente um sinal de câncer.

- Há quanto tempo ela tinha esse caroço?

- Cerca de uns dois anos. Alguns meses antes da consulta, ela havia dado à luz ao seu quinto filho, por isso o meu estranhamento, era quase impossível que os médicos não tivessem notado esse caroço antes.

- Após isso a Sra. Lacks retornou ao hospital outras vezes?

- Sim. Ela voltou para casa e não retornou por alguns dias, mas semanas depois iniciamos o tratamento.

- Então Meritíssimo, como podemos ver, Henrietta Lacks teve todo o suporte do hospital. Ela já tinha conhecimento do problema, mas se negou a retornar e fazer os exames anteriores.

- Mais alguma pergunta, Sr. Turner? *(a juíza pergunta, querendo dar continuidade na sessão).*

- Não, pode passar para a promotoria.

- Obrigado, Sr. Turner. *(diz Peter, se levantando e parando de frente para o médico)*. Sr. Jones, foi afirmado anteriormente que uma das primeiras pessoas a terem contato com a paciente foi o senhor, correto?

- Exatamente.

- Então também seria correto afirmar que foi o senhor quem colheu o pedaço do tecido celular de Henrietta?

- Objeção, Meritíssimo. Isso é especulação! *(o advogado de defesa interfere no diálogo).*

- Mantido! *(a juíza ordena).*

- É correto, Sr.?

- Sim. Fui eu quem colhi o pedaço do tecido do útero dela para que levasse ao laboratório.

- E por que fez isso?

- Não sabia ao certo do que se tratava, o caroço tinha uma aparência roxa e sangrava com facilidade. Então levei ao laboratório para que pudesse compreender o problema da Sra. Lacks.

- E em nenhum momento lhe passou pela cabeça comunicá-la disso?

- Não, nunca precisamos comunicar a um paciente que vamos fazer algum estudo com partes do corpo, ou do material genético dele.

- Então este caso ocorreu outras vezes?

- Sim, claro. Ao redor do mundo todo estudos são desenvolvidos com a colaboração dos indivíduos. O tratamento que o hospital lhes oferece é gratuito, portanto não vemos problema em fazer estudos em cima de casos como esse, seria uma maneira de nos pagarem.

- Não há mais perguntas! *(se vira e retorna ao seu lugar um pouco irritado, mas com um ar de satisfação estampado em seu rosto).*

- Agora busque a senhorita Mary Kubicek, por favor.

- Jura dizer a verdade e somente a verdade, nada a mais que a verdade neste tribunal?

- Juro.

- Pois bem, senhorita Mary é a assistente de Gey, correto?

- Sim.

- Quando ele a contratou?

- Logo assim que terminei a faculdade, meu professor me arrumou uma entrevista com o Dr. Gey, ele me pediu para fazer algumas coisas estranhas como cortar alguns objetos. Ele estava observando se minha mão lhes seria útil no laboratório.

- E como foi desenvolver a cultura de células HeLa?

- Foi um processo em que eu não acreditava muito. Já havíamos tentado outras milhares de vezes e com o tempo as células sempre morriam, mas após dois dias com as células HeLa, a cultura já havia crescido proporções gigantescas. A cada 24 horas, a quantidade de células dobrava. Nós nunca tínhamos visto nada igual antes.

- Por que as outras vezes não deram certo? As de Henrietta eram "especiais"?

- Mais ou menos. Manter uma cultura de células envolve muitas questões além de pegar um pedaço do tecido humano. Essas células precisavam estar nutridas para sobreviver, o George junto da Margaret, sua esposa, viviam criando receitas na tentativa de acertarem o ponto ideal do líquido. Mas o problema principal foi solucionado pela esposa dele, a esterilização. Tínhamos uma dificuldade enorme de manter a cultura viva porque ela acabava sendo contaminada por bactérias ou poeiras presentes no ar, hálito e mãos. Então precisamos aprender com a especialização dela como enfermeira cirúrgica e passar a manter o laboratório um local o mais limpo possível.

- E em algum momento vocês negligenciaram a paciente, ou a deixaram de lado por já terem conseguido as células?

- Não, ela continuou fazendo os tratamentos. O fato dela ter falecido alguns meses depois foi pela rápida reprodução das células, o câncer parecia ter retrocedido, mas na verdade só se espalhou mais pelo corpo, não havia nada para ser feito além do que fizemos por ela.

- Não há mais perguntas.

- Para finalizarmos, chamem o réu, Dr. George Otto Gey, para dar seu depoimento. O George entrou na sala e parecia estar confuso e aflito, usava um paletó escuro, era um homem que aparentava bem a sua idade, mas tinha um prestígio para todos. Ele fez o juramento, então o Sr. Sebastian começou as indagações.

- Sr. Gey, em algum momento chegou a ter contato com Henrietta?

- Pouquíssimas vezes durante o tratamento dela.

- E o que aconteceu no laboratório durante o tratamento?

- Tentamos desenvolver meios de fazer com que essas células se mantivessem vivas. E quando conseguimos realizar isso, foi uma descoberta e tanto! As células imortais de Henrietta são uma linhagem de células que se reproduzem dez vezes mais rápido que as outras células do corpo dela, por isso imortais. Elas estão sempre em reprodução, crescendo sem medidas a cultura e se mantendo viva. O que fizemos no laboratório foi permitir que elas se ampliassem cada vez mais, elas precisavam de espaço e demos isso a elas.

- Por que não contaram a família Lacks sobre o que se passava no laboratório?

- Porque nunca precisamos contar a ninguém. Nos outros experimentos as células sempre morriam, então nunca havíamos chegado na parte de comunicar ao paciente, mas quando essas deram certo, tivemos medo da não autorização da parte deles. Olha só como isso foi, e ainda é, importante para a ciência! Diversos estudos foram possíveis por causa dessa cultura de células imortal. Era um risco muito grande a se correr.

- Além do mais, relembrando ao júri da fala do Sr. Howard, o Hospital não tinha a obrigação de comunicar nada aos seus pacientes. Não fazia parte da legislação do país. O Dr. Gey não prejudicou a paciente durante seu tratamento, pelo contrário, graças a isso foi possível compreender a rapidez de sua morte.

- O senhor gostaria de acrescentar mais alguma coisa ao seu depoimento?

- Eu quero pedir desculpas a família Lacks e dizer que lamento pela sua perda, mas não havia nada que pudéssemos fazer.

- Obrigado, doutor! Encerro aqui minhas colocações.

- Passamos a fala para a promotoria e finalizamos a sessão para o júri chegar a uma conclusão dos fatos.

- Senhor Gey, é correto afirmar que o *Johns Hopkins Hospital*, junto com você e outros profissionais obtiveram lucros em cima das células de Henrietta Lacks?

- Sim. Nós analisamos as células e vendo a sua singularidade, vendemos para outros cientistas interessados por toda a parte do mundo, e hoje, tem pedaços delas em vários lugares.

- E o hospital não deu nenhuma parte do lucro para a família? Porque eles também são parte disso, certo?

- Nós não sabíamos como eles reagiriam quando fossemos contar. E se eles não autorizassem? Além do mais, esse dinheiro era nosso por direito, pois fomos nós que desenvolvemos os estudos. Nós não retiramos as células do corpo dela pensando em lucrar, tiramos para analisar e descobrir qual doença ela tinha, como fazemos com qualquer paciente. O resto, foi descoberta e trabalho nosso.

- E é verdade também que ainda deram um outro nome para a mulher que, supostamente, teria doado as células? E esse nome seria Helen Lane, correto?

- Sim, criamos o nome de Helen Lane para a suposta doadora, poupando a identidade de Henrietta.

- Por que fizeram isso?

- Não tinha como nos arriscarmos desse jeito e perdermos um estudo tão importante!

- Meritíssimo, como podemos ver, tanto o hospital, como os profissionais envolvidos nesse caso não pensaram em nada além dos próprios interesses. Usaram as células de uma mulher sem qualquer autorização da família, escondendo até o verdadeiro nome da paciente para não descobrirem, e como se não bastasse, ainda mandaram para várias partes do mundo sem qualquer consentimento dos parentes. Lucraram milhões com tudo isso e não foram capazes de dar um dólar sequer para a família, mesmo sabendo que o esposo de Henrietta tinha que criar cinco crianças sozinho. Isso lhe parece justo e correto?

- Obrigada pelos depoimentos de todos. Vamos dar um intervalo de trinta minutos para o júri apurar os fatos e tomarem suas decisões. Retornamos com o fim desse caso. *(diz a juíza se levantando e batendo o martelo dando fim à sessão e todo o silêncio no tribunal desaparece).*

3. A VERDADE

Durante todo esse tempo da minha vida, eu imaginei um julgamento como esse, com todas as ponderações de cada lado. “Quem estaria certo?” é o questionamento mais presente nos meus dias.

Talvez se naquele dia, eu não saísse tão rapidamente atrás do Gey e deixasse que ele sumisse com o fechar da porta, não teria mudado meu pensamento e faria o que julgava certo. Quando saí do restaurante, chovia lá fora e o Dr. Gey estava parado abaixo de um alpendre, aguardando a estiagem da chuva. Me aproximei na tentativa de aliviar toda a situação e ele me disse que se tomasse essa decisão, poderia perder meu emprego, o que era impossível de acontecer, na época a Jane estava grávida do nosso primeiro filho, precisava da renda. Logo, mantive o segredo comigo durante todos esses quase vinte anos.

- Querido, venha almoçar, todos estão à mesa lhe esperando. *(entra Jane, cortando o pensamento de Lengauer e o assustando).*

- Olá, querida. Estou indo. *(ele diz com a voz baixa, chamando a atenção da esposa).*

- O que houve? *(ela se aproxima).*

- Nada, estava com a mente distante.

- Pensando no caso HeLa novamente? Você não é o culpado disso, não tornou nenhuma das atitudes erradas. Não seja tão cruel consigo!

- Toda vez que vejo esta foto com o Gey na estante, me culpo por não ter feito nada por aquela família. Deixei que eles vivessem na miséria, enquanto lucrávamos milhões.

- Você pensou no melhor para nossa família.

- Mas não é justo.

- Então por que não procura por eles?

- Depois de tanto tempo?

- Nunca é tarde para reparar um erro, eles ainda têm o direito de saber.

- Não sei...

- Meu bem, o George faleceu há três anos, nossa família está construída. O que te impede agora?

- Você está certa! A partir de amanhã procurarei eles e me livrarei desse monstro que me assombra!

- Isso, vamos almoçar. *(diz ela enquanto abraça o marido)*

Bibliografia:

"Uma mulher negra, suas células e alguns desafios da ética em pesquisa" - Cristiano Guedes, professor do Instituto de Ciências Humanas/Universidade de Brasília, em: http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v20s1/0104-5970-hcsm-20-s-1413.pdf

Caldas, Cristina. (2010). Vida, morte e imortalidade: desvendando a história das células HeLa. Ciência e Cultura, 62(2), 17-18. Retrieved May 17, 2019, from http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252010000200008&lng=en&tlng=pt.

A Vida Imortal de Herieta Lacks, George C. Wolfe, Kathryn Dean, 22 de abril de 2017.

https://en.m.wikipedia.org/wiki/George_Otto_Gey

https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=1Oskbka4W88C&oi=fnd&pg=PT2&dq=info:IMKYu9yfZ5QJ:scholar.google.com/&ots=V-t-Rbhlu&sig=GbGDB5DvIipCsquS9DCA0uvLnvA#v=onepage&q&f=false