



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

**ABORDAGEM CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS) NA
TEMÁTICA “REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E A MÁQUINA A VAPOR:
REFLEXOS NAS MUDANÇAS SOCIAIS”: UMA ANÁLISE DAS
COMPREENSÕES DE ESTUDANTES**

FERNANDO ANTÔNIO GUIMARÃES DE HOLANDA JUNIOR

RECIFE

2023

FERNANDO ANTÔNIO GUIMARÃES DE HOLANDA JUNIOR

**ABORDAGEM CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS) NA
TEMÁTICA “REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E A MÁQUINA A VAPOR:
REFLEXOS NAS MUDANÇAS SOCIAIS”: UMA ANÁLISE DAS
COMPREENSÕES DE ESTUDANTES**

Monografia apresentada à coordenação do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciado (a) em Química.

Orientador(a): Profa. Dra. Ruth do Nascimento Firme

RECIFE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- H722a Holanda Junior, Fernando Antônio Guimarães de
Abordagem ciência-tecnologia-sociedade (CTS) na temática "Revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais": uma análise das compreensões de estudantes / Fernando Antônio Guimarães de Holanda Junior. - 2023.
67 f. : il.
- Orientadora: Ruth do Nascimento Firme.
Inclui referências e apêndice(s).
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Química, Recife, 2023.
1. Ensino de Química. 2. Abordagem CTS. 3. Caso histórico. 4. Estudo dos gases. I. Firme, Ruth do Nascimento, orient. II. Título

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

FERNANDO ANTÔNIO GUIMARÃES DE HOLANDA JUNIOR

**ABORDAGEM CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS) NA
TEMÁTICA “REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E A MÁQUINA A VAPOR:
REFLEXOS NAS MUDANÇAS SOCIAIS”: UMA ANÁLISE DAS
COMPREENSÕES DE ESTUDANTES**

Aprovado em: 04 de abril de 2023.

Banca Examinadora

Ruth do Nascimento Firme – Orientadora

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Halana Rebeca Justino do Nascimento Bomfim – 1ª Avaliadora

Secretária de Educação de Pernambuco

Suely Alves da Silva – 2ª Avaliadora

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Dedico este trabalho ao meu pai Fernando que partiu para o reino de Deus quando eu estava no recesso entre o primeiro e o segundo período deste curso e hoje estaria muito feliz em ver que consegui concluir o mesmo. Se hoje estou aqui não tenho dúvidas que muita força, orações e energia positiva recebi dele lá do outro lado.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus por me dar a oportunidade de concluir essa segunda graduação, sem a vontade divina nada disso seria possível. Agradeço ao meu pai que faleceu quando eu estava no recesso entre o primeiro e o segundo período e nunca vou esquecer sua alegria quando disse que havia sido aprovado por média em todas as disciplinas do primeiro período. Infelizmente, antes da volta para o segundo período, Deus achou que devia chamá-lo para o seu reino. Sei que onde estiver sua felicidade é plena por essa vitória e sem seu apoio nunca teria conseguido. Agradeço à minha mãe por ser forte e por ter me dado apoio financeiro e psicológico para prosseguir nesta caminhada, pois foram muito difíceis estes anos que se seguiram após a partida do meu pai.

Agradeço à amiga Giselle Lima por sempre ter me incentivado e acreditado no meu potencial. Deixo também meu agradecimento ao amigo Anderson Macena, falecido durante o auge da pandemia de COVID-19 em 2021, que sempre disse que eu deveria fazer o curso, que tinha mais o meu perfil e me incentivou muito no começo. Deixo meu agradecimento à minha orientadora, a professora Ruth Firme por tudo que me ensinou sobre CTS e suas orientações que tonaram esse trabalho possível. Quero agradecer à professora Andressa Simeão Cavalcanti, pois sem ela este trabalho também não teria sido possível já que ela gentilmente me cedeu as quatro aulas necessárias para sua efetivação e também ao seu colega, o professor Dmisticles de Andrade Vicente, que me cedeu a aula de regência necessária para a disciplina ESO4 e me permitiu realizar as observações em uma turma do terceiro ano. Agradeço aos professores do curso de Química da UFRPE, não vou citar o nome de todos porque poderia esquecer algum, mas a todos deixo meu muito obrigado. Agradeço também aos professores do departamento de História da UFRPE (minha primeira graduação), pois uso elementos que aprendi neste curso para desenvolver o trabalho apresentado nesta monografia.

Deixo também meus agradecimentos aos colegas de turma Ismany Nascimento, Daniel Willms e Thiago Silveira que me ajudaram e me deram muita força no curso quando passei pelo momento mais difícil que foi a perda do meu pai, também não esqueço o quanto Thiago me ajudou em Química Analítica L1 me dando dicas de como fazer certos cálculos. Deixo meu agradecimento à colega de turma Thais Silva que me deu dicas matemáticas preciosas que me ajudaram muito na aprovação da disciplina Matemática L2 e por fim quero agradecer às colegas de curso Gabriela Oliveira e Edinália Bleilla que confiaram em mim e me indicaram ao meu primeiro estágio não obrigatório, muito obrigado pela confiança e consideração de ambas.

“Quando escutei a primeira vez sobre "revolução industrial" e suas consequências, não imaginava que seria tão rápido a troca de máquinas por sentimentos humanos.” (Prof. Aislan Fernandes).

RESUMO

Neste trabalho analisamos as compreensões dos estudantes sobre relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais (relações CTS) e sobre conceitos científicos relativos ao estudo dos gases e ao funcionamento da máquina a vapor. Nessa perspectiva, planejamos e implementamos uma intervenção pedagógica com abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), a partir da temática “Revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais”, para o estudo dos gases enfatizando as relações entre as variáveis pressão, volume e temperatura. Caracterizamos a pesquisa como qualitativa do tipo intervenção pedagógica, contamos com a participação em média de 37 estudantes da 1ª série do ensino médio, com faixa etária em torno dos 15 anos, de uma escola de referência em ensino médio da rede estadual de Pernambuco localizada na cidade do Recife, e conduzimos quatro etapas metodológicas, a saber: planejamento da intervenção pedagógica; implementação da intervenção pedagógica; coleta de dados; e análise dos dados. Para a análise dos dados consideramos como categorias *a priori*: compreensões dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade; compreensões dos estudantes acerca das relações CTS no contexto da temática “Revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais”; e compreensões dos estudantes acerca conceitos químicos relativos ao estudo dos gases com ênfase nas relações entre as variáveis pressão, volume e temperatura e ao funcionamento da máquina a vapor. A partir dos achados dessa pesquisa podemos dizer que os estudantes expressaram compreensões que consideraram tanto consequências negativas como consequências positivas da revolução industrial para sociedade. Quanto às relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais, os estudantes, em conjunto, apresentaram três formas de entendimento: as inovações científicas e tecnológicas sempre repercutem no bem estar social; tais inovações não repercutem no bem estar social, e inovações científicas e tecnológicas trazem benefícios e prejuízos ao bem estar social. Entretanto, poucos compreenderam, do ponto de vista científico, as relações entre as variáveis pressão, volume e temperatura e o funcionamento da máquina a vapor a partir dessas relações.

Palavras-chave: Ensino de Química; Abordagem CTS; Caso histórico; Estudo dos gases.

ABSTRACT

In this study, we analyze students' understanding of the relationships between scientific and technological development and their social implications (STS relationships) and of scientific concepts related to the study of gases and the operation of the steam engine. From this perspective, we planned and implemented a pedagogical intervention with a Science-Technology-Society (STS) approach, based on the theme “Industrial revolution and the steam engine: reflections on social changes”, for the study of gases emphasizing the relationships between the variables pressure, volume and temperature. We characterized the research as qualitative, of the pedagogical intervention type, with the participation of an average of 37 students from the 1st year of high school, aged around 15 years, from a reference school in high school in the state network of Pernambuco located in city of Recife, and we conducted four methodological stages, namely: planning of the pedagogical intervention; implementation of the pedagogical intervention; data collect; and data analysis. For data analysis, we considered as a priori categories: students' understandings about the relationships between industrial revolution, steam engine and society; students' understandings about STS relations in the context of the theme “Industrial revolution and the steam engine: reflections on social changes”; and students' understanding of chemical concepts related to the study of gases with emphasis on the relationships between pressure, volume and temperature variables and the operation of the steam engine. From the findings of this research, we can say that the students expressed understandings that they considered both negative and positive consequences of the industrial revolution for society. As for the relationships between scientific and technological development and its social implications, the students, together, presented three ways of understanding: scientific and technological innovations always have an impact on social well-being; such innovations do not have repercussions on social well-being, and scientific and technological innovations bring benefits and harm to social well-being. However, few understood, from a scientific point of view, the relationships between the variables pressure, volume and temperature and the functioning of the steam engine based on these relationships.

Keywords: Teaching Chemistry; STS approach; Historical case; Study of gases.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1	Máquina a vapor de Papin	22
Figura 2	Esquema que representa o funcionamento da máquina a vapor de Savery	23
Figura 3	Máquina a vapor elaborada por James Watt	24
Figura 4	Esquema de funcionamento da máquina a vapor a partir do modelo de James Watt	25
Figura 5	Tear manual sendo representado na obra O Tecelão de Van Gogh	26
Figura 6	Tear mecanizado industrial	26
Figura 7	Gráfico representando as relações entre pressão e volume a temperatura constante	28
Figura 8	Relação entre volume e temperatura a pressão constante onde as retas representam os vários tipos de gases a volume 0 partindo do zero absoluto	29
Figura 9	Gráfico representando o aumento da temperatura relacionado ao aumento da pressão a volume constante	30
Figura 10	Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 1	40
Figura 11	Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 2	40
Figura 12	Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 3	41
Figura 13	Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 4	41
Figura 14	Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 5	42
Figura 15	Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 6	42
Figura 16	Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 7	43
Figura 17	Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 8	43
Figura 18	Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 9	44
Figura 19	Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 1	46
Figura 20	Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 2	46
Figura 21	Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 3	47
Figura 22	Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 5	47
Figura 23	Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 6	48
Figura 24	Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 7	48
Figura 25	Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 8	49
Figura 26	Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 9	49
Figura 27	Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 10	50

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1	Fases da Espiral de Responsabilidade de Waks (1992)	18
Quadro 2	Planejamento da Proposta Pedagógica	34
Quadro 3	Caso histórico “O conceito da máquina a vapor, uma revolução além da indústria”	36
Quadro 4	Categorias analíticas dos achados relativos aos efeitos da intervenção	37
Quadro 5	Interpretação dos desenhos referentes ao primeiro momento	44
Quadro 6	Interpretação dos desenhos referentes ao quarto momento	50
Quadro 7	Respostas dos grupos à segunda questão do caso	52
Quadro 8	Respostas dos grupos à primeira questão do caso	58

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
Objetivo Geral	13
Objetivos Específicos	13
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
1.1 Ensino de Química e a contextualização	14
1.2 Abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)	16
1.3 Abordagem CTS e o uso de casos históricos	18
1.4 A revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais	21
1.5 Estudo dos gases e as relações volume, pressão e temperatura	27
CAPÍTULO 2. METODOLOGIA	32
2.1 Contexto da pesquisa	33
2.2 Participantes da pesquisa	34
2.3 Etapas metodológicas da pesquisa	34
2.5 Aspectos éticos da pesquisa	38
CAPÍTULO 3. ACHADOS DA PESQUISA E DISCUSSÃO	39
3.1 Análise de compreensões dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade	39
3.2 Análise de compreensões dos estudantes sobre relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais (Relações CTS)	52
3.3 Análise de compreensões dos estudantes acerca de conceitos químicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre pressão, volume e temperatura, e ao funcionamento da máquina a vapor	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS	64
APÊNDICE 1	66

INTRODUÇÃO

A evolução científica e tecnológica sempre esteve presente no decorrer da história da humanidade e vários fatos históricos não teriam sido possíveis sem tal desenvolvimento. Vamos voltar nossas atenções à Inglaterra do século XVIII, berço da revolução industrial onde novas formas de produção viriam a mudar para sempre as relações trabalhistas e levariam a consolidação do capitalismo como modo de produção adotado pela humanidade em escala global. A partir desse ponto, as coisas não mais seriam como antes, a invenção da máquina a vapor não exigia uma grande massa de operários para poder suprir a demanda industrial, como nos tempos da manufatura, fazendo com que os salários caíssem e a crise social se instalasse.

Em seu livro *A Formação da Classe Operária Inglesa: A maldição de Adão* (1963) Edward Palmer Thompson fala sobre como a fábrica surge como um símbolo de energias sociais que incorpora uma ameaça à dupla ordem estabelecida, onde os proprietários da riqueza industrial desfrutavam de uma vantagem injusta sobre os proprietários de terra com renda fixa e o surgimento da classe trabalhadora industrial que, segundo este autor, era tão discriminada quanto práticas racistas contra negros, onde acreditava-se que o indivíduo que trabalha na fábrica, enquanto não estava trabalhando, estava furtando, praticando atividades ilegais e vivendo de depravação. Também fala este autor sobre o surgimento da consciência coletiva dos trabalhadores que remetia a revolução ocorrida na França décadas atrás e com o povo submetido a exploração econômica e opressão política.

Foi analisando essa situação que Edward Palmer Thompson explica que os trabalhadores formavam uma massa de homens, inofensivos, modestos, mas bem informados, ainda que o autor não saiba explicar como eles se informavam, e sendo treinados para trabalhar desde os seis anos de idade das cinco da manhã até as oito ou nove da noite e mostra que aqui é inevitável o despertar de uma consciência coletiva que cada vez mais exigia qualidade do trabalho e não demoraria que os trabalhadores logo sentissem as injustiças provenientes desta nova forma de prática industrial. Diante dessa situação percebemos uma sociedade que sofreu mudanças devido a um avanço científico e tecnológico.

Nesse contexto, ao pensarmos em trazer as questões discutidas sobre a Revolução Industrial, a máquina a vapor e as mudanças sociais decorrentes para a sala de aula, mais especificamente, para o ensino de Química, destacamos a abordagem ciência-tecnologia-sociedade (CTS) como uma possibilidade para esse fim.

Isso porque a abordagem CTS propõe a formação de cidadãos conscientes do como a ciência e a tecnologia podem causar profundas alterações sociais e a alfabetização científica

como forma de despertar o pensamento crítico e reflexivo sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Uma estratégia didática que pode ser usada na abordagem CTS é o uso de casos, os quais podem ser históricos, reais e simulados. Para essa pesquisa, adotamos o uso de caso histórico. Justificamos nossa opção considerando que, segundo Stinneret (2003 *apud* HYGINO *et al*, 2008, p. 2) ao realizarmos a aproximação entre estudo de caso e história da ciência, podemos proporcionar ao estudante um entendimento sobre fatos e contextos que estão presentes na narrativa de cunho histórico, os quais podem estar repletos de conflitos e questionamentos inerentes a uma época.

Nesse sentido, o caso histórico, uma das estratégias didáticas da intervenção pedagógica elaborada e implementada no ensino de Química para essa pesquisa, teve como título “O conceito da máquina a vapor, uma revolução além da indústria” e abordou como o invento da máquina a vapor provocou uma revolução na forma de se produzir bens de consumo, ao provocar a transição da manufatura para a maquinofatura, otimizando a produção e maximizando o lucro dos industriais, causou um impacto social na Inglaterra do século XIX com o aumento do desemprego e baixos salários, e provocou uma segunda revolução, para além da produção, relativa às mudanças nas relações trabalhistas entre patrão e empregado, culminando no surgimento dos primeiros sindicatos que reivindicavam melhores condições de trabalho, segurança e uma carga horária justa para os trabalhadores. Fato este que modificou tais relações não apenas na Inglaterra, mas em todo o mundo, as coisas não mais seriam como antes.

Portanto, à luz das discussões tecidas, a questão da pesquisa desse trabalho é: como estudantes compreendem relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais (relações CTS) e conceitos científicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre as variáveis pressão, volume e temperatura, e ao funcionamento da máquina a vapor, por meio de uma intervenção pedagógica com abordagem CTS a partir da temática “Revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais”?

Selecionamos o conteúdo Estudo dos Gases, e mais especificamente, as relações entre as variáveis pressão, volume e temperatura, considerando que o funcionamento da máquina a vapor parte de um conceito físico-químico no estudo termodinâmico dos gases: o uso da relação entre volume, pressão e temperatura. O aumento da temperatura faz com que a água passe para o estado gasoso ao atingir 100°C a pressão de 1 atm. e, a partir daí, o contínuo fornecimento de energia, na forma de calor, faz com que um pistão seja empurrado realizando trabalho para manter a pressão constante. Portanto, podemos perceber o uso de uma característica físico-

química da matéria sendo usada na produção de uma máquina que, conforme Engels (2010), desencadeou uma revolução industrial que transformou a sociedade burguesa na Inglaterra do século XIX.

Na busca de respostas para a questão de pesquisa, delimitamos como objetivo geral: analisar compreensões de estudantes sobre relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais (relações CTS) e sobre conceitos científicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre as variáveis pressão, volume e temperatura, e ao funcionamento da máquina a vapor por meio de uma intervenção pedagógica com abordagem CTS a partir da temática “Revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais”.

E como objetivos específicos, buscamos:

- Identificar compreensões iniciais dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade.
- Analisar se houve avanços nas compreensões dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade.
- Avaliar compreensões dos estudantes sobre relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais (relações CTS).
- Analisar compreensões dos estudantes acerca dos conceitos químicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre as variáveis pressão, volume e temperatura, e ao funcionamento da máquina a vapor.

Organizamos essa monografia da seguinte forma: no capítulo 1 discutimos os aportes teóricos da pesquisa; no capítulo 2 apresentamos o desenho metodológico da pesquisa – caracterização, contexto, participantes, etapas metodológicas, instrumentos de coleta de dados, e aspectos éticos; no capítulo 3, apresentamos os achados da pesquisa e a discussão sobre eles; e por fim, tecemos algumas considerações finais.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo discutimos sobre o ensino de Química e a contextualização, a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), o uso de casos históricos na abordagem CTS, a revolução industrial, a máquina a vapor e os reflexos nas mudanças sociais, e o estudo dos gases com ênfase nas relações entre volume, pressão e temperatura.

1.1 Ensino de Química e a contextualização

O ensino de Química, segundo os Parâmetros Nacionais Curriculares (PCN) tem como objetivo promover o entendimento dos estudantes das transformações químicas que ocorrem no mundo físico e, a partir desse entendimento, possam julgar as informações emanadas da tradição cultural, da mídia e da própria escola, tornando-se capazes de tomar decisões autônomas enquanto indivíduos e cidadãos.

Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento oficial vigente que regulamenta a educação básica brasileira, a Química, em conjunto com a Física e a Biologia, compõe a área de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias.

Nestes dois documentos é destacada a importância da formação de cidadãos críticos e a formação da cultura científica, considerando a contextualização social, cultural, ambiental e histórica dos conhecimentos característicos dessa área. Nesse sentido, segundo a BNCC:

[...] criar condições para que eles possam explorar os diferentes modos de pensar e de falar da cultura científica, situando-a como uma das formas de organização do conhecimento produzido em diferentes contextos históricos e sociais, possibilitando-lhes apropriar-se dessas linguagens específicas. (BRASIL, 2017, p. 537).

É preciso ressaltar que, segundo afirma Branco *et al* (2018), a BNCC não foi elaborada com a participação dos diversos setores que pertencem ao campo educacional e não busca atender as demandas de melhorias do sistema educacional, mas sim satisfazer as demandas e interesses políticos, mercadológicos e econômicos, onde tais interesses são beneficiados em detrimento das questões sociais e o bem estar comum, estando mais focada na formação flexível e aligeirada.

Para além das diversas críticas à BNCC, é fato que tanto os PCN como a BNCC destacam a contextualização. De acordo com Silva 2007 (*apud* MARTINS, 2020, p. 52) a contextualização pode ser concebida em três perspectivas:

A primeira se refere à contextualização histórica, que se caracteriza por mostrar como e porquê surgem as ideias e teorias científicas, uma espécie de entendimento dos contextos históricos que envolveram os estudos dos cientistas em suas épocas. Na segunda dimensão, a contextualização metodológica, o autor aponta que os conteúdos não devem ser postos como fim em si mesmos, que estes, na sua gênese, sofreram influências de outros conhecimentos das diversas áreas do conhecimento humano. Por último, a dimensão da contextualização socio-ambiental, que se caracteriza como um modo de ver a utilidade da ciência em nosso entorno e no modo de interagir com o mundo (SILVA, 2007 p. 14-15 *apud* MARTINS, 2020, p. 52).

Machado (2005) citado por Wartha, Silva e Bejarano (2013), explica que a contextualização significa colocar referências em um texto com o propósito de construir significados por meio de relações tacitamente percebidas, ou seja, “conhecer o contexto significa ter melhores condições de se apropriar de um dado conhecimento e de uma informação, por exemplo” (MACHADO, 2005 *apud* WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013 p. 3).

Wartha, Silva e Bejarano (2013) discutem três estudos sobre a contextualização, e a partir deles, esses autores identificaram diferentes interpretações para a contextualização por professores de Química. Contudo, o entendimento da contextualização como forma de compreensão da realidade social, segundo esses autores, não se fez presente no discurso dos professores que participaram do estudo realizado por eles. Vale destacar que é esse entendimento de contextualização, como forma de compreensão da realidade social, que adotamos nesta pesquisa. Mais especificamente, a compreensão da realidade social em um determinado contexto histórico: o da invenção da máquina a vapor e sua relação com a revolução industrial e com as mudanças sociais decorrentes.

Coelho e Marques (2007) citado por Wartha, Silva e Bejarano (2013), defendem uma conotação diferente para a palavra contextualização na perspectiva da educação transformadora de Paulo Freire e o desenvolvimento de práticas pedagógicas voltadas para problematizações de situações reais e contraditórias baseadas em contextos locais, para as quais é necessária uma compreensão crítica por meio do diálogo entre educandos e educadores no processo de transformação da realidade.

Contudo, destacamos que a contextualização no ensino de Química não resolverá todas as lacunas presentes nesse ensino. Santos (2007, p. 5) corrobora esse entendimento ao dizer que:

Outra concepção em voga é aquela na qual a contextualização significa um método de ensino que aumenta a motivação e facilita a aprendizagem. Todavia, deve-se destacar que essa abordagem não pode ser vista como uma “vara mágica”, no sentido

de que ela, por si só, vai resolver os problemas da educação, ou seja, como se o fato de o professor contextualizar suas aulas já fosse suficiente para que os alunos aprendam os conteúdos escolares (SANTOS, 2007, p. 5).

É considerando a contextualização como forma de compreender a realidade social que destacamos a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) como uma das possibilidades para o ensino de Química contextualizado.

1.2 Abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)

Segundo Gordillo (2017) o desenvolvimento científico e tecnológico e a história da educação sofreram mudanças sociais profundas com o surgimento das sociedades industriais ao longo dos séculos XIX e XX.

A forma de educar permaneceu quase inalterada durante muito tempo, uma vez que não era requerido instituições específicas e nem longos períodos de treinamento em um contexto em que os saberes e as normas que eram necessários aos indivíduos eram os mesmos durante gerações. Entretanto, com o advento da revolução industrial houve uma mudança no antigo sistema educacional por não se aplicar mais ao contexto de trabalho. Portanto, as relações anteriores entre mestre e aprendiz dariam lugar agora à importância da instituição escolar como um lugar que agrega uma crescente gama de conhecimentos e normas cuja legitimação ocorre por meio da capacitação do indivíduo para as exigências da sociedade industrial (GORDILLO, 2017).

As discussões sobre as questões CTS emergiram a partir do século XIX no contexto da revolução industrial, quando os novos modos de produção vão tomando forma na sociedade e as instituições escolares vão assumindo um papel importante para a qualificação dos trabalhadores para a modernização da indústria, contudo em uma lógica positivista (GORDILLO, 2017). Retornando a Gordillo (2017), nas décadas subsequentes essa visão de progresso foi caindo em descrédito ao serem observados determinados acontecimentos do século XX, como, por exemplo, a Segunda Guerra Mundial, e por conseguinte, questionamentos sobre o desenvolvimento da ciência, suas influências sociais e políticas, e sua imparcialidade assumida na lógica positivista, abriram espaços para que, no âmbito acadêmico, as diferentes disciplinas, outrora incomunicáveis, dialogassem entre si para o entendimento do que consiste a atividade científica e tecnológica.

Santos (2001) destaca as diferentes formas da relação entre ciência, tecnologia e sociedade. Segundo esta autora, a sociedade pode constituir-se como motor da tecnologia por

meio do imaginário social (quando o imaginário social tem impacto na gênese tecnológica), dos modelos econômicos organizativos (quando os produtos industriais incorporam necessidades sociais), ou por meio de fatores sociopolíticos (quando fatores sociopolíticos e socioeconômicos influencia no desenvolvimento tecnológico).

Por outro lado, ainda segundo Santos (2001), a tecnologia pode constituir-se como motor da sociedade por meio de seus impactos nos meios natural e cultural e por meio dos modos como a sociedade sente e ver o mundo.

Para esta autora:

[...] a tecnologia é impensável fora da sociedade. Seus modos de produção incorpora opções da sociedade e produz nesta grandes mudanças sociais e culturais. A pressão social sobre a tecnologia e a pressão tecnológica sobre a sociedade se manifestam de diversas formas. [...]. (SANTOS, 2001, p. 69) (tradução nossa).

De acordo com Gordillo (2017), a abordagem CTS promove um ponto de encontro entre o ensino técnico e científico e as humanidades, uma vez que os saberes humanísticos não estão à margem do progresso social.

Para Santos e Schnetzler (1997 *apud* VIANA, 2020), a abordagem CTS considera o desenvolvimento de valores que possam ser vinculados ao interesse coletivo, tais como: a solidariedade, a fraternidade e a consciência do compromisso social. Por exemplo, a decisão de utilizar um determinado produto químico considerando não apenas o aspecto econômico e os danos que ele pode causar a sua saúde, mas as questões éticas que podem envolver a fabricação de tal produto é uma atitude esperada na abordagem CTS.

Segundo Ferreira *et al* (2018, p. 2):

O ensino de Química baseado em uma abordagem CTS tem como principal objetivo a formação de cidadãos a partir de uma alfabetização sociocientífica e tecnológica, tencionando tornar os discentes capazes de refletir de forma crítica a respeito dos rumos da sociedade, desenvolver atitudes e valores de participação social visando à tomada de decisões. (FERREIRA *et al*, 2018 p. 2).

Para Firme e Amaral (2011, p. 384), a abordagem CTS propõe a “articulação dos conhecimentos científicos e tecnológicos com o contexto social, [...]”, cujo objetivo é capacitar os estudantes para compreender possibilidades e limitações da ciência e da tecnologia para a sociedade.

Ainda segunda as autoras:

[...] os alunos precisam se apropriar do conhecimento químico para argumentarem de maneira crítica e reflexiva sobre inter-relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e a organização da sociedade, incluindo o ambiente onde ela se insere. Em outras palavras, o conhecimento sobre princípios científicos e suas aplicações em artefatos tecnológicos poderá contribuir para que o indivíduo participe ativamente de contextos sociais e julgue responsabilmente situações (FIRME; AMARAL, 2011, p. 384).

Para o âmbito educacional, Waks (1992, *apud* OLIVEIRA, 2019) nos apresenta a Espiral de Responsabilidade como um modelo para a abordagem CTS. A Espiral de Responsabilidade é constituída de cinco fases que podem ser retomadas a qualquer momento do processo de ensino e aprendizagem, as quais estão descritas no quadro 1.

Quadro 1: Fases da Espiral de Responsabilidade de Waks (1992)

Primeira fase: Auto compreensão	Nesta fase, os estudantes devem compreender-se enquanto membros da sociedade, enquanto agente responsável pelo meio ambiente. Envolve olhar para o sistema indivíduo-sociedade-meio ambiente como um todo interdependente, e devemos nos corresponsabilizar pelas decisões coletivas através de tomada de decisão e resoluções do processo democrático.
Segunda fase: Estudo e reflexão	É nesta fase que se apresentam de forma clara as relações mantidas entre os elementos da tríade CTS, enfatizando sobretudo os impactos da ciência sobre a sociedade os impactos da tecnologia sobre a sociedade.
Terceira fase: Tomada de decisão	A meta da fase de tomada de decisão é engajar o estudante na solução de problemas e tomada de decisão, considerando a natureza indeterminada das questões tratadas, não se trata de suspender o juízo de forma escapista, mas sim de que do fracasso em resolver apenas através dos subsídios oferecidos pela própria ciência ou por critérios técnicos, o estudante deve confrontar as informações e alternativas para ir além delas, tomar uma decisão e julgar o mais apropriado a se fazer.
Quarta fase: Ação responsável	É a fase em que o educando é encorajado a se envolver em um curso de ação individual ou social após ponderar escolhas entre valores subjacentes a diferentes cenários, o que implica que a educação CTS vá além da racionalidade acadêmica.
Quinta fase: Integração	É necessário nesta fase ter como alvo a generalização sobre as relações CTS partindo de um assunto específico, o que torna o estudante não apenas um ator responsável, mas um indivíduo que cultiva suas responsabilidades.

Fonte: Adaptado de Oliveira (2019).

Portanto, segundo Waks (1992, *apud* OLIVEIRA, 2019), quando os estudantes vivenciam as respectivas fases da espiral, vão construindo responsabilidade social diante de questões sociais relacionadas às atividades científicas e tecnológicas.

1.3 Abordagem CTS e o uso de casos históricos

A ciência e a tecnologia estão presentes no nosso dia a dia e não se pode dissociá-las dos reflexos de seu desenvolvimento em nosso cotidiano. Para Gordillo (2017), o desenvolvimento científico e tecnológico não afeta apenas os que contribuem com ele, mas toda uma sociedade, e nesse sentido, é preciso desenvolver tanto uma visão mais adequada das relações tecnocientíficas, como a alfabetização tecnocientífica para os cidadãos, numa perspectiva ativa e crítica diante desse desenvolvimento.

Ainda segundo este autor, o desenvolvimento tecnocientífico está diretamente ligado às controvérsias inerentes à prática científica, e nessa perspectiva ele defende o uso de casos CTS. Para Queiroz (2012), os casos são baseados na aplicação de problemas, no formato de casos investigativos, que podem ocorrer no contexto de uma disciplina, de forma isolada (QUEIROZ, 2012).

Para Hygino *et al* (2018) o estudo de caso é utilizado por meio de narrativas onde indivíduos comuns estão diante de dilemas e decisões, visando inserir os discentes em um contexto realista da área de estudo em questão e tendo como objetivo instigar o pensamento ativo e crítico, estimulando sua capacidade de tomar decisões.

Segundo Gordillo (2017) a forma mais adequada de se implantar a abordagem CTS depende muito das condições peculiares de cada sistema de ensino, mas no geral busca-se refletir sobre ciência e tecnologia acessível aos cidadãos e incentivar a participação pública desses. Nessa perspectiva, entendemos que o estudo de casos mostra-se eficiente, uma vez que por meio deles, situações polêmicas sobre interações entre a ciência, tecnologia e a sociedade podem ser exploradas. Para este autor, os casos devem apresentar flexibilidade para que sua análise propicie diversas alternativas, possibilitando o exercício da participação dos cidadãos nas tomadas decisões sobre elas. Portanto, de acordo com Gordillo (2017), com o uso de casos pode-se vivenciar nas aulas experiências de aprendizagem por meio da participação pública.

Gordillo (2017) discute três tipos de casos CTS:

- a) Casos CTS históricos – são os casos de cunho histórico, baseados em acontecimentos ocorridos em algum momento do passado, apresentam controversas, são acessíveis e podem propiciar processos participativos. Entretanto, podem ser menos motivadores para os estudantes por abordarem situações vividas em outros tempos.
- b) Casos CTS em tempo real – são os casos que envolvem questões polêmicas dos dias atuais com estudos em tempo real. Uma das dificuldades de se trabalhar com esse tipo de casos refere-se ao fato de que eles estão em constante redefinição, embora sejam mais motivadores para os estudantes.

c) Casos CTS simulados: são os casos que combinam as características dos outros dois tipos mencionados anteriormente. Envolve situações fictícias e controversas acerca de questões tecnocientíficas de caráter verossímil, e nesse sentido, tem-se mais controle na sua abordagem porque envolve um caso fictício, e podem ser motivadores para os estudantes.

Nesta pesquisa adotamos os casos históricos. Justificamos nossa opção considerando que:

A aproximação dos estudos de caso à história da ciência se deve, à capacidade dos estudos de caso proporcionarem a compreensão de fatos, valores e contextos presentes em sua narrativa, que pode ser uma narrativa histórica, impregnada de conflitos e questionamentos de uma época. [...] (STINNERET *et al*, 2003 *apud* HYGINO *et al*, 2018, p. 2)

Adicionalmente, nossa escolha pelos casos históricos ocorreu ao considerarmos que a evolução tecnológica esteve presente em fases específicas da história da humanidade, cujos contextos históricos estão diretamente ligados a ela.

As respectivas fases da evolução tecnológica são propostas por Hyne e Wyse (2018). São elas:

Primeira fase: caracterizada pelo homem que seguia seus instintos de sobrevivência em sua relação homem-natureza.

Segunda fase: caracterizada pela influência da ciência e tecnologia no desenvolvimento humano.

Terceira fase: caracterizada pelo modelo de produção baseado no acúmulo de capital e no desenvolvimento tecnológico.

Quarta fase: caracterizada pela contribuição da automação para os processos produtivos e para o ritmo de inovações com altas taxas de progresso econômico, definindo os padrões atuais de produção.

Quinta fase: relacionada a preservação do meio ambiente a partir do desenvolvimento de fontes de energia limpa e sustentabilidade.

Para o uso de casos históricos, é sugerida por Linhares e Reis (2008 *apud* HYGINO *et al*, 2018) uma sequência de três passos:

Passo 1: realiza-se a leitura do estudo de caso e os estudantes devem elaborar soluções acerca do problema proposto, dessa forma as ideias iniciais dos alunos ficam evidenciadas. Passo 2: o professor apresenta os conteúdos propostos e necessários para os alunos responderem o problema. Podem ser realizadas uma ou várias atividades. Passo 3: o problema deve ser retomado e agora incorporando os conhecimentos adquiridos ao longo do passo 2 (LINHARES; REIS, 2008 *apud* HYGINO *et al*, 2018, p. 2)

Portanto, considerando casos históricos como uma estratégia didática para a abordagem CTS, optamos nesta pesquisa pela temática intitulada “Revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais”. Justificamos a temática em tela considerando que a revolução industrial mudou para sempre as relações trabalhistas no mundo inteiro e pôs em xeque a ilusão de que o capitalismo era o modo de produção que levaria ao estado de bem estar social utópico e desejado, como os detentores do poder gostavam de pregar naqueles tempos enquanto acumulavam capital ao custo de muito sangue, suor e lágrimas (THOMPSON, 1987; ENGELS, 2010).

1.4 A revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais

O contexto da invenção da máquina a vapor, sua evolução e as mudanças na forma das pessoas trabalharem são discutidas nesse tópico de acordo com as análises dos autores Silva e Errobidart (2019).

Nesse sentido, a revolução industrial teve seu início em um contexto político propício ao desenvolvimento tecnológico e científico, quando na Europa caía o regime absolutista francês pela eclosão da revolução francesa, ao mesmo tempo que principados na Alemanha e Itália disputavam territórios e influência no campo político. Havia vantajosos acordos comerciais por parte da burguesia inglesa com Portugal, onde a Inglaterra foi beneficiada por toneladas de materiais preciosos extraídos das colônias portuguesas, entre elas o Brasil.

Rapidamente a burguesia inglesa utilizou sua maioria no parlamento para criar leis que buscaram tolher a agricultura de subsistência em favor da comercial e, para isso, aprovou a Lei dos Cercamentos de Terras que destituía as terras dos camponeses e as transformava em pastos para ovelhas, o que provocou o aumento do êxodo rural para as grandes cidades.

Ainda que o desenvolvimento tecnológico inglês estivesse mais atrasado com relação ao resto da Europa, sua estabilidade política propiciou a aceleração da atividade industrial. O carvão mineral há muito passara a ser a principal fonte de energia na Inglaterra por conta da necessidade de aquecimento no inverno, e teria sua demanda aumentada por conta do processo de industrialização, mais adiante. Dadas as dificuldades para cavar cada vez mais fundo para retirar o carvão mineral e as dificuldades impostas pelos lençóis freáticos, máquinas cada vez mais potentes eram exigidas para cumprir a tarefa. Em 1698 foi registrado o primeiro acordo de exploração comercial feito na história realizado pelo construtor militar Thomas Savery cujo propósito foi o de retirar água das minas de carvão. Thomas construiu uma máquina que

utilizava o princípio de funcionamento de uma máquina a vapor que se baseava no modelo de embolo-pistão criado por Dênis Papin em 1690.

Tal sistema é composto por um cilindro que funcionavam deslizando como um pistão interligado por uma barra, onde uma pequena quantidade de água era colocada na parte interior do cilindro e com o aquecimento da água e sua consequente passagem para o estado gasoso impulsionava o movimento do pistão. Ao ser resfriado, o vapor de água se condensava e o pistão voltava para baixo por conta da ação da pressão atmosférica, fazendo com que a máquina se movimentasse e bombeasse a água presente no lençol freático que atrapalhava a exploração do carvão mineral.

A máquina a vapor de Papin tinha um funcionamento semelhante ao da panela de pressão, conforme figura 1.

Figura 1: Máquina a vapor de Papin



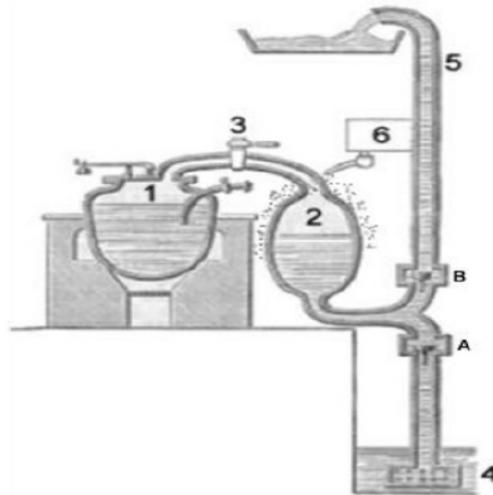
Fonte: A Origem das Coisas

Disponível em: <https://origemdascoisas.com/a-origem-da-panela-de-pressao/>

A máquina de Savery, por sua vez, ilustrada na figura 2, era composta:

[...] de uma caldeira (1) utilizada para se produzir o vapor que adentrava no recipiente (2) controlado a partir de uma tubulação com uma válvula (3). O vapor contido nesse recipiente 2 se condensava, após a ação da água fria contida no reservatório indicado por (6) que era despejada sobre sua superfície. Dessa forma, produzia-se um vácuo parcial, o qual era utilizado para elevar à água do interior da mina, com o auxílio do efeito da pressão atmosférica que atua na parte inferior (4), retirando assim a água da mina. Essa água era transferida para o meio externo, passando pelas válvulas A e depois impulsionada para fora da pelo duto (5), abrindo então a válvula[...] (SILVA; ERROBIDART, 2019, p .9).

Figura 2: Esquema que representa o funcionamento da máquina a vapor de Savery



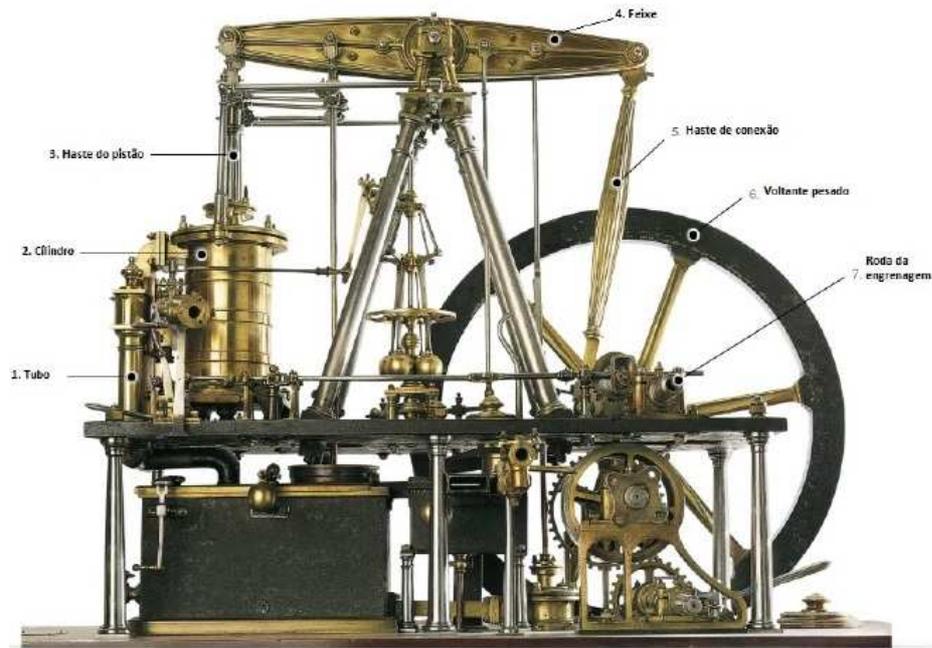
Fonte: Silva e Errobidart (2019, p. 9).

Ainda que fosse inovadora para a época, a máquina de Savery não oferecia segurança em sua operação, muitos acidentes foram relatados, principalmente conforme ocorria o aumento da profundidade e, por consequência, da pressão. Mais tarde Thomas Newcomen a aperfeiçoou o que levaria o conceito da máquina a vapor a atender a demanda de outros setores como o agrícola. A necessidade de aperfeiçoar cada vez mais as máquinas térmicas, levou às tentativas de satisfazer os interesses sociais, econômicos e políticos e os inventores não compreendiam o fenômeno físico envolvido no funcionamento delas, apenas entendiam que o fogo e o calor estavam relacionados com ele. Em outras palavras, os estudiosos tinham o conhecimento prático do funcionamento, mas não o científico. Tal fato acabou por despertar o interesse acadêmico com relação ao funcionamento das máquinas.

O ambiente acadêmico nas universidades escocesas florescia como centros intelectuais, onde era possível unir a prática ao conhecimento teórico, graças a uma política educacional sólida e bem estruturada o que acabou por atrair cientistas e inventores para aquele meio. Eis que surge a figura de James Watt que ingressou na universidade com apoio de um professor de Físico-Química que era seu amigo de nome Joseph Black. Watt, inicialmente, teve uma oficina de instrumentos navais, mas acabou falindo, então passou a usar seu conhecimento para construção de equipamentos para serem utilizados no curso de engenharia da universidade. Ele teve a oportunidade de trabalhar com a versão melhorada da máquina de Savery elaborada por Newcomen e avaliou os problemas dela. Fez várias melhorias e modificações, entre as mais acentuadas estão: a capacidade de manter o cilindro sempre aquecido, diminuindo assim o consumo de combustível; a utilização de bronze substituindo o ferro na construção dos motores

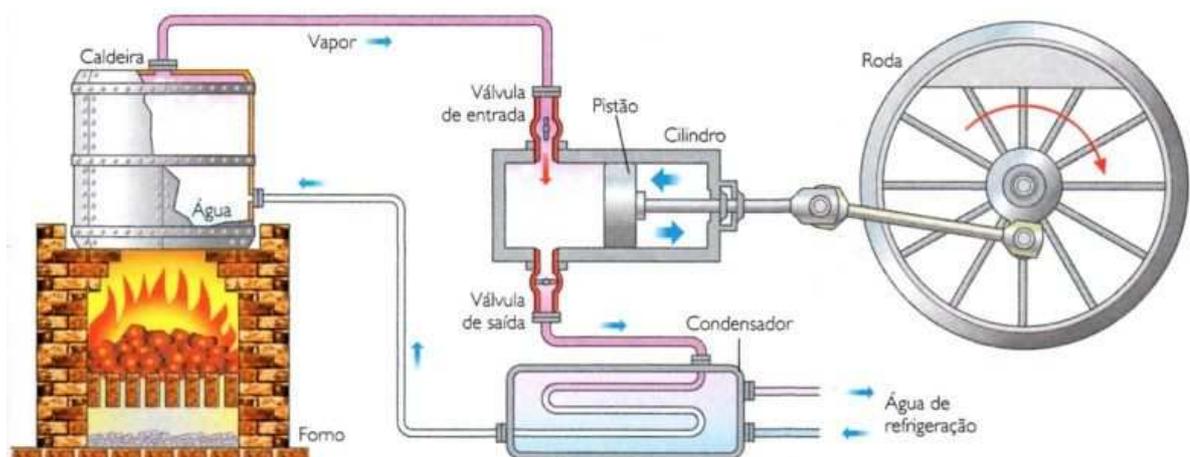
cilindro, dado que este conduzia calor melhor do que o ferro; e a proposição de aumentar a superfície exposta do cilindro com o objetivo de condensar o vapor respeitando a proporcionalidade do tamanho do cilindro. O que resultou na máquina a vapor elaborada por James Watt, conforme figuras 3 e 4.

Figura 3: Máquina a vapor elaborada por James Watt



Fonte: Silva e Errobidart (2019, p. 14).

Figura 4: Esquema de funcionamento da máquina a vapor a partir do modelo de James Watt



Fonte: Cola da Web

Disponível em: <https://www.coladaweb.com/fisica/mecanica/maquina-a-vapor>

A capacidade aguçada de Watt e sua genialidade somada ao conhecimento científico que adquiriu no ambiente universitário, por meio de estudos com relação ao comportamento do

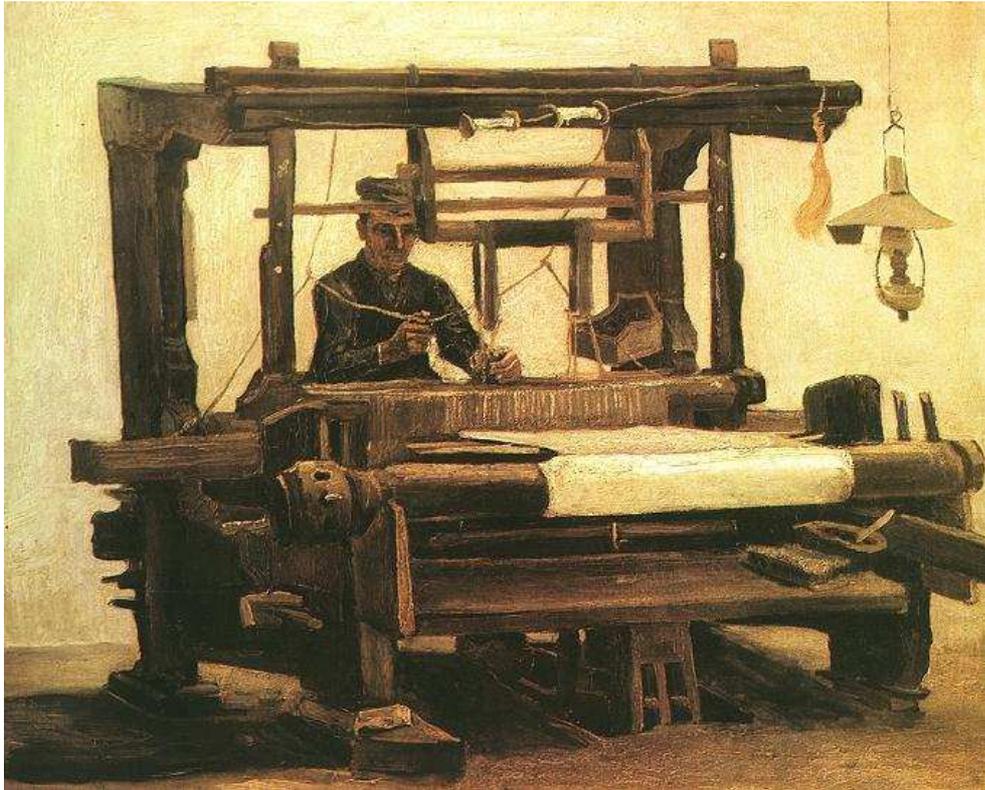
calor, fez com que o desempenho de sua máquina aumentasse em cinco vezes com relação ao anterior de Newcomen, adicionando um segundo cilindro que favorecia o processo de condensação, o que acabou na versão final de sua invenção por reduzir o consumo de combustível em 75%.

Não demoraria para Watt se aproximar da burguesia graças aos resultados positivos de sua obra, mas os altos preços pagos pelas patentes estavam causando descontentamento. Logo surgiriam cópias dos motores elaborados por Watt, entre esses copiadorees estão os Trevithick, dupla de pai e filho, que não apenas copiaram, mas efetuaram melhorias que reduziram ainda mais o consumo de combustível. Havia agora mais opções de máquinas no mercado para bombeamento de água das minas. Mais tarde o Trevithick-filho aprimoraria ainda mais a invenção do que mais tarde se tornaria a locomotiva a vapor.

As mudanças no campo social estavam em curso, mas o aprimoramento das máquinas começava a afetar a realidade dos camponeses. No campo, as crianças de seis a doze anos eram responsáveis por realizar determinadas atividades manuais, mas isso foi substituído por máquinas, aumentando a migração das famílias para as cidades.

As máquinas logo assumiriam a alimentação de navios e realização de drenagens, montavam-se as bases para a construção de mais máquinas para atender ao desenvolvimento industrial, conforme figuras 5 e 6, o que levou a Inglaterra a ser uma potência militar.

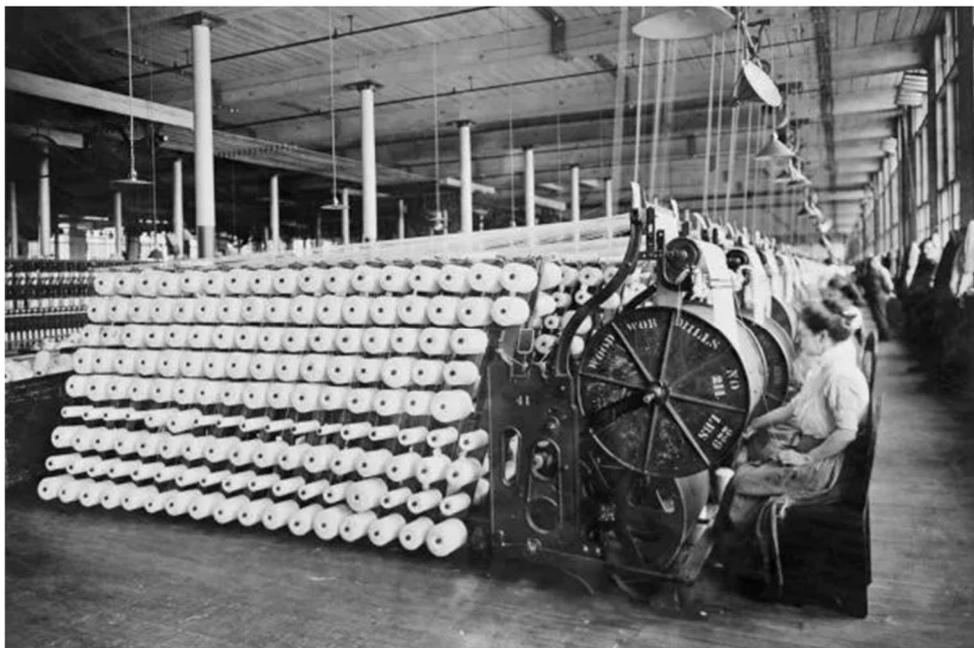
Figura 5: Tear manual sendo representado na obra O Tecelão de Van Gogh



Fonte: WahooArt.com

Disponível em: <https://pt.wahooart.com/@/5ZKGWM-Vincent-Van-Gogh-Tecel%C3%A3o-visto-a-partir-de-o-frente-2->

Figura 6: Tear mecanizado industrial



Fonte: Mesa de Estudo

Disponível em: <https://mesadeestudo.com/aponte-o-principal-recurso-mineral-utilizado-como-motor-da-primeira-revolucao-industrial>

Ainda segundo Silva e Errobidart (2019) foi nesse ponto que se chegou ao auge da industrialização, a substituição da manufatura pela maquinofatura. O que antes era feito de modo artesanal, agora era realizado em grande escala por máquinas.

Engels (1845) citado por Thompson (1987), fala sobre as primeiras classes de proletários conectados a manufatura, os quais são considerados como filhos primogênitos da revolução industrial. Esse autor mostra a situação de precariedade social na qual os trabalhadores eram submetidos em decorrência da revolução industrial e dos novos modos de produção.

Segundo este autor, as novas demandas industriais exigiam muitos trabalhadores e que eles morassem próximos às indústrias. Por conseguinte, muitos deles ficavam confinados em limitados espaços, e os bairros frequentados pelos operários não eram vistos com bons olhos pela burguesia. Eles viviam em bairros miseráveis, em situação deplorável e famintos, ficavam homens, mulheres e crianças em um mesmo local e sem nenhuma restrição de sexo ou idade, tendo a fome e as doenças como companheiras constantes. Os operários eram submetidos a uma carga horária de trabalho que podia ultrapassar 16 horas diárias (ENGELS, 2010). Toda essa situação foi caracterizada por Engels como uma escravidão moderna.

Portanto, são pujantes as vezes que o desenvolvimento científico e tecnológico influenciou no curso da história, não apenas na situação apresentada na revolução industrial como Engels relatou em seu livro *A Situação da Classe Trabalhadora na Inglaterra*, mas em diversos outros momentos históricos, como, por exemplo, nas grandes navegações em que destacam-se os instrumentos de navegação desenvolvidos para encontrar uma rota para as Índias e suas especiarias.

Considerando que a invenção da máquina a vapor mudou o curso da história e dos meios de produção, e que para o seu funcionamento as relações entre temperatura, pressão e volume foram imprescindíveis, nesta pesquisa decidimos por explorar os conteúdos científicos relativos ao estudo dos gases, mais especificamente, as relações entre pressão, volume e temperatura.

1.5 Estudo dos gases e as relações volume, pressão e temperatura

Segundo Atkins e Jones (2007), os gases se comportam de acordo com leis elaboradas por estudiosos que se debruçaram sobre as características termodinâmicas dos mesmos e chegaram às determinadas conclusões:

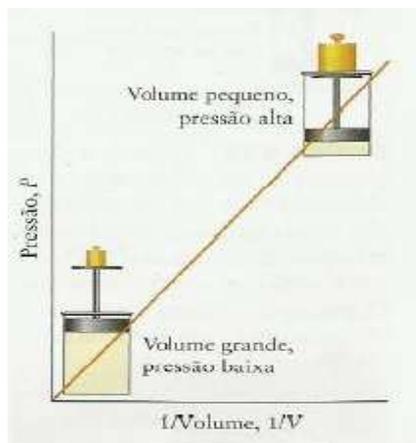
- **Lei de Boyle** – Nesta lei temos os resultados dos experimentos de Boyle que verificaram a característica inversamente proporcional das relações entre pressão e volume a temperatura

constante. Boyle concluiu que quanto maior a pressão de um gás menor é o seu volume e quanto maior o volume menor a pressão.

Isso acontece porque o aumento do volume tende a afastar as moléculas de um gás, umas das outras, realizando sua expansão e diminuindo a pressão, ou seja, a colisão das moléculas com as paredes do recipiente. Por outro lado, a compressão das moléculas tende a diminuir o volume o que resulta no aumento da pressão, uma vez que as colisões das moléculas do gás com as paredes do recipiente estão se dando agora em um espaço menor.

O gráfico ilustrado na figura 7 representa a relação entre pressão e volume a temperatura constante, retratada por Boyle:

Figura 7: Gráfico representando as relações entre pressão e volume a temperatura constante



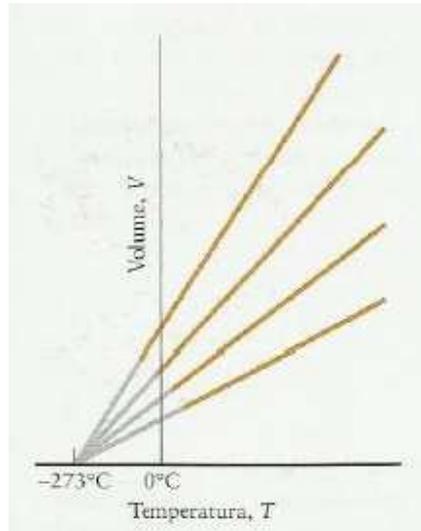
Fonte: Atkins e Jones (2007, p. 239).

- **Lei de Charles e Gay-Lussac** – Esta lei foi elaborada pelos estudiosos que observaram o comportamento de balões que inflavam com o aquecimento do ar. A tecnologia de balões na época apresentava problemas e esses estudiosos procuravam um meio de otimizá-la. Eles observaram que ao manter a pressão constante, o aumento da temperatura do gás provoca o aumento da velocidade das moléculas, aumentando o choque das mesmas nas paredes do recipiente (no caso o balão), fazendo com que o volume do gás aumente.

Foi observado por esses estudiosos que tal característica é aplicável a qualquer gás que pode chegar a um volume igual a 0 em uma temperatura de -273 C° ou o zero absoluto, uma temperatura inalcançável experimentalmente e antes de chegar a tal ponto, qualquer gás se condensaria, além de que qualquer gás real não pode ter volume 0.

O gráfico ilustrado na figura 8 representa a relação entre volume e temperatura a pressão constante:

Figura 8: Relação entre volume e temperatura a pressão constante onde as retas representam os vários tipos de gases a volume 0 partindo do zero absoluto

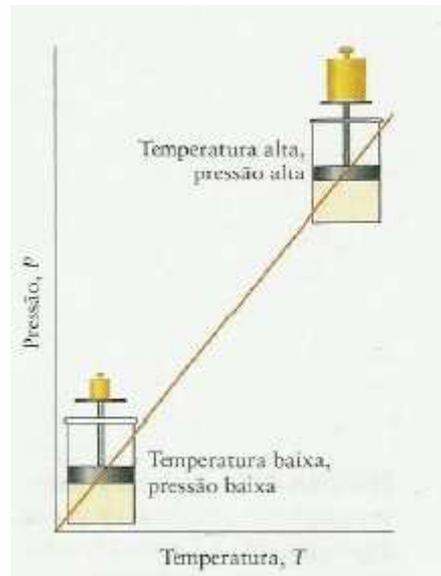


Fonte: Atkins e Jones (2007, p. 241).

Partindo dessa observação chega-se a uma expressão semelhante, segundo a qual é possível observar a variação de pressão com o aumento da temperatura, a volume constante. Nesse sentido, as moléculas do gás não mais utilizarão a energia recebida para empurrar o pistão realizando trabalho, o volume constante faz com que as moléculas colidam de forma mais violenta com as paredes do recipiente aumentando a pressão do sistema.

O gráfico ilustrado na figura 9 representa a relação entre temperatura e pressão a volume constante:

Figura 9: Gráfico representando o aumento da temperatura relacionado ao aumento da pressão a volume constante



Fonte: Atkins e Jones (2007, p. 241).

- **Princípio de Avogadro** – Uma terceira contribuição para o estudo do comportamento dos gases foi dada pelo cientista italiano Amedeo Avogadro. Ele afirmou que o volume molar de um gás é dado por um mol de moléculas daquele gás, ou seja, se temos um volume de um gás, logo temos n mol de moléculas daquele gás. Adicionalmente, ele afirmou que nas mesmas condições de temperatura e pressão, um determinado número de moléculas de um gás ocupa um determinado volume e que este dobra caso o número de mols das moléculas de um gás dobre. Além disso, para a pressão se manter constante é necessário que o volume do recipiente dobre.

A combinação dessas três contribuições tornou possível relacionar pressão (P), temperatura (T), volume (V) e número de mols (n) em uma única lei que fundamentou o estudo dos gases, sendo essencial para o desenvolvimento de motores térmicos e a vapor, a Lei dos Gases Ideais, onde temos:

- **Da lei de Boyle** – Quando a temperatura e a quantidade de um gás são constantes, temos que $PV = \text{Constante}$;
- **Da lei de Charles** – Quando a pressão e a quantidade de um gás são constantes, temos que $V = \text{Constante}_2 \times T$;
- **Do princípio de Avogadro** – Sob pressão e temperatura constantes, o volume é proporcional a n , temos que $V = \text{Constante}_3 \times n$.

Uma vez combinadas, temos que: se n e T são constantes, chega-se à lei de Boyle; se a pressão e quantidade de um gás são constantes, chega-se à lei de Charles; e se a pressão e a temperatura são constantes, chega-se ao princípio de Avogadro onde $PV = \text{Constante} \times nT$.

Se escrevemos a constante de proporcionalidade dos gases como R chega-se, finalmente à Lei dos Gases Ideais, onde:

$$PV = nRT$$

O nome dessa lei foi originado considerando que a constante R tem o mesmo valor para todos os gases, independente da sua natureza. Portanto,

A lei dos gases ideais é um exemplo de equação de estado, isto é, uma expressão que mostra como a pressão de uma substância – neste caso, um gás – se relaciona à temperatura, ao volume e à quantidade de uma substância na amostra” (ATKINS; JONES, 2007, p. 243).

Trata-se de um gás hipotético que ao obedecer a essa lei e suas condições é denominado de gás ideal.

Por fim, vale destacar que é a segunda lei da termodinâmica que fundamenta o desenvolvimento da máquina a vapor. Nesse processo, o pistão da máquina é movimentado por meio do aquecimento da água e sua mudança do estado líquido para o gasoso. Com a expansão do gás ocorre o aumento do volume e realização de trabalho por meio do uso da energia fornecida com o aquecimento, realização de trabalho que ocorre com a movimentação do pistão.

Com a diminuição da temperatura, o pistão tende a voltar a sua posição original por conta da ação da pressão atmosférica. É exatamente esse constante aumento e diminuição de temperatura, e conseqüente expansão e retração da água em estado gasoso, que faz o pistão se movimentar. Por conseguinte, a condensação da água ao ser resfriada reiniciará todo o ciclo. Vale destacar que por conta da segunda lei da termodinâmica, não é possível transformar todo o calor em trabalho, tornando o rendimento de toda máquina inferior a 100%.

CAPÍTULO 2. METODOLOGIA

Nesta pesquisa adotamos pressupostos da pesquisa qualitativa. Segundo Prodanov e Freitas (2013) na pesquisa qualitativa a fonte de dados é o próprio ambiente, e no caso deste trabalho, é a própria sala de aula, exigindo-se atividade de campo, interação com os participantes da pesquisa e a ausência de dados estatísticos, considerando que eles têm caráter descritivo e relatam os elementos presentes da realidade analisada.

Para Prodanov e Freitas (2013, p. 70), a pesquisa qualitativa:

[...] considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Esta não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. Tal pesquisa é descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem. (PRODANOV, FREITAS, 2013 p.70)

Adicionalmente, caracterizamos essa pesquisa como do tipo intervenção pedagógica (Damiani *et al*, 2013). Segundo Damiani *et al* (2013, p. 2):

As pesquisas do tipo intervenção pedagógica são aplicadas, ou seja, têm como finalidade contribuir para a solução de problemas práticos. Elas se opõem às pesquisas básicas, que objetivam ampliar conhecimentos, sem preocupação com seus possíveis benefícios práticos” (GIL, 2010 *apud* DAMIANI *et al*, 2013, p. 2).

De acordo com Robson (1995 *apud* DAMIANI *et al*, 2013) o potencial das pesquisas aplicadas é o de promover e subsidiar tomadas de decisões com relações a mudanças de práticas educacionais, realizar melhorias em sistema de ensino existentes ou avaliar inovações.

De acordo com Damiani *et al* (2013), a pesquisa do tipo intervenção pedagógica possui semelhanças com as pesquisas do tipo pesquisa-ação, uma vez que ambas compartilham do mesmo paradigma investigativo e possuem caráter qualitativo. Sendo assim, os pontos de convergência entre esses dois tipos de pesquisas são: o intuito de produzir mudanças no tocante aos fenômenos investigados, algo que as diferencia das meras pesquisas de caráter observacional, que se resumem a descrever e explicar o fenômeno objeto do estudo; tentam resolver um problema por meio da atuação de pesquisadores e participantes, por meio da cooperação e participação; têm um caráter aplicado, ambas são realizadas de forma prática e seguem as diretrizes de trabalhos acadêmicos; possuem a necessidade de referencial teórico, onde na ausência de tais referenciais as pesquisas seriam caracterizadas como mero ativismo,

além das teorias que embasam as pesquisas servirem para aumentar o conhecimento dos pesquisadores sobre formas de enfrentar os problemas objetos de estudo por meio da resolução deste; a possibilidade de produzir conhecimento se apresenta na forma de poder criar formas de solucionar microssituações escolares que levariam a definir objetivos para ações pedagógicas e transformações de caráter mais abrangente.

Entretanto, Damiani *et al* (2013) enfatizam que embora esses dois tipos de pesquisa apresentem semelhanças, é preciso tomar cuidado para não confundi-las. Nesse sentido, esses autores destacam a seguinte diferença entre a pesquisa-ação e a pesquisa do tipo intervenção pedagógica: o primeiro tipo busca uma orientação de ação emancipatória ou são associadas a grupos sociais que fazem parte de classes populares ou dominadas; e o segundo tipo não busca este objetivo como prioridade ainda que vise promover avanços educacionais.

Outro fator preponderante destacado por Damiani *et al* (2013) que diferenciam esses dois tipos de pesquisa refere-se ao como as pesquisas se comportam diante do problema. Na pesquisa intervencionista é o pesquisador quem toma a decisão de como solucionar o problema que por ele foi identificado, ainda que este permaneça aberto a críticas e sugestões por parte dos indivíduos alvo da pesquisa, e na pesquisa-ação, o planejamento e a implementação da mesma contariam com a participação de todos os envolvidos, pesquisador e participantes (DAMIANI *et al*, 2013).

Para a pesquisa do tipo intervenção pedagógica temos, segundo Damiani *et al* (2013), dois métodos: o primeiro consiste no método da intervenção, relativo à descrição pormenorizada da intervenção pedagógica com explícito embasamento teórico, e nesse momento, o foco do pesquisador deve estar voltado para sua atuação como professor (agente da intervenção); o segundo, por sua vez, consiste no método da avaliação da intervenção, relativo à descrição dos instrumentos de coleta e de análise de dados utilizados para a captura de informações acerca dos efeitos da intervenção.

2.1 Contexto da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida em uma escola de referência em ensino médio da rede estadual de Pernambuco situada em Santo Amaro, na cidade do Recife. A escola foi selecionada pelo fato de o pesquisador ter conexões com o local, com os professores, funcionários e estudantes em função de ter realizado um projeto de intervenção elaborado na disciplina Estágio Supervisionado Obrigatório 1 (ESO1) e aplicado na disciplina Estágio Supervisionado

Obrigatório 2 (ESO2) naquela instituição de ensino. E essa relação possibilitou o acesso do pesquisador ao contexto escolar para o desenvolvimento da pesquisa.

2.2 Participantes da pesquisa

Nesta pesquisa participaram em média 37 estudantes da 1ª série do ensino médio com faixa etária em torno dos 15 anos.

2.3 Etapas metodológicas da pesquisa

Considerando que esta pesquisa é do tipo intervenção pedagógica (DAMIANI *et al*, 2013), foram desenvolvidas quatro etapas metodológicas, sendo duas constitutivas do método da intervenção e duas constitutivas do método da avaliação da intervenção.

2.3.1 Etapas Metodológicas do Método da intervenção

1ª etapa da pesquisa: planejamento da intervenção pedagógica

Para o planejamento da intervenção pedagógica consideramos a temática “Revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais e as etapas da Espiral de Responsabilidade de Waks (1992 *apud* OLIVEIRA, 2019), cuja organização contemplou 4 momentos, correspondentes a 4 aulas de 50 minutos cada, conforme quadro 2.

Quadro 2: Planejamento da Intervenção Pedagógica

Identificação:				
		Disciplina: Química		
		Série: 1º Ano		
		Nível: Médio		
Momentos da Proposta Didática				
1º Momento	Nº de aulas: 1 Duração estimada: 50 minutos			
	Objetivo(s)	Conteúdo(s)	Descrição das Atividade(s)	Recurso(s)
Autocompreensão	Discutir a revolução industrial e as mudanças sociais causadas pela máquina a vapor.	Revolução industrial; Manufatura e maquinofatura, Conceito da máquina a vapor;	Exibição do vídeo Revolução Industrial – Toda Matéria, disponível no link https://www.youtube.com/watch?v=aVQ_1srdzK4 Discussão sobre o vídeo a partir de questões planejadas: qual a importância da Revolução Industrial	Datashow, notebook, Papel A5.

	Representar por meio de desenho relações entre sociedade, máquina a vapor e revolução industrial.	Transformações sociais causadas pela máquina vapor.	para a sociedade?; quais são as contribuições dela para o desenvolvimento?; vocês conhecem a máquina a vapor?; quais são as contribuições dessas máquinas para a sociedade? Construção de desenho em grupo sobre como eles vêm a sociedade antes e depois da máquina a vapor e da revolução industrial.	
2º Momento	Nº de aulas: 1 Duração estimada: 50 minutos			
Estudo e Reflexão	Objetivo(s)	Conteúdo(s)	Descrição das Atividade(s)	Recurso(s)
	Aprender o conceito físico-químico de no estudo dos gases com foco nas relações pressão, volume e temperatura no funcionamento da máquina a vapor.	Relações de pressão, volume e temperatura no comportamento de um gás.	Apresentação de atividades experimentais demonstrativas por meio do vídeo: Estudo dos Gases (Transformações Isocórica, Isobárica e Isotérmica) disponível no link https://www.youtube.com/watch?v=4X4sF87wWJc Aula expositiva dialogada. Resolução de questões: a) Por que a água subiu pelo canudo? b) Por que a bexiga inflou na água quente e desinflou na água gelada? c) Por que a seringa ofereceu resistência ao ser pressionada e ao ser puxada?	Notebook, Datashow, quadro, piloto.
3º Momento	Nº de aulas: 1 Duração estimada: 50 minutos			
Tomada de decisão	Objetivo(s)	Conteúdo(s)	Descrição das Atividade(s)	Recurso(s)
	Debater e tomar decisão sobre a resposta para o caso.	Estudo das relações entre pressão, volume e temperatura no funcionamento da máquina a vapor. Impacto de novas tecnologias na sociedade.	Organização da turma em grupos. Leitura do caso “O conceito da máquina a vapor, uma revolução além da indústria”. Construção da resposta ao caso pelos grupos. Debate e tomada de decisão coletiva sobre a resposta para a questão: As inovações científicas e tecnológicas sempre buscam levar a sociedade a condição de bem estar social?	Caso impreso.
4º Momento	Nº de aulas: 1 Duração estimada: 50 minutos			
Ação responsável e integração	Objetivo(s)	Conteúdo(s)	Descrição das Atividade(s)	Recurso(s)
	Representar por meio de desenho relações entre sociedade, máquina a	Revolução industrial; Manufatura e maquinofatura,	Reconstrução em grupo do desenho produzido no 1º momento da intervenção pedagógica, sobre como eles vêm a sociedade antes e depois da máquina a vapor e da revolução industrial.	Papel A5.

	vapor e revolução industrial.	Conceito da máquina a vapor; Transformações sociais causadas pela máquina vapor.		
--	-------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Fonte: Autor (2023)

No quadro 3 apresentamos o caso histórico elaborado para o 3º momento da intervenção pedagógica relativo à fase da Tomada de decisão (WAKS, 1992).

Quadro 3: Caso histórico “O conceito da máquina a vapor, uma revolução além da indústria”

O conceito da máquina a vapor, uma revolução além da indústria
<p>Durante a segunda metade do século XIX as relações trabalhistas sofreriam uma radical mudança. Se antes a energia para o trabalho era provinha dos braços humanos, agora havia uma máquina capaz de produzir energia em quantidades nunca antes vista e revolucionando a produção industrial. A caldeira ou máquina a vapor, embora fosse uma descoberta científica e tecnológica de ponta para a época nos deixa a impressão de que os trabalhadores teriam sua vida facilitada para cumprir seus deveres, mas não era assim que acontecia.</p> <p>A máquina a vapor exigia menos mão de obra para que suas funções fossem desempenhadas, diminuindo os salários e a quantidade de trabalhadores e maximizando a produção o que também provocava a maximização dos lucros e acúmulo de capital, logo trabalhadores foram contratados a condições miseráveis para que exercessem suas funções, seja no tocante as condições de trabalho, seja no campo social a vida não era nada fácil para aqueles homens, mulheres e crianças expostos a todos os tipos de perigos em seu ambiente de trabalho e a excessivas cargas horárias que chegavam a 16 horas por dia. Nos alojamentos a situação também era precária, as condições insalubres, a fome, a discriminação e a miséria acometiam aqueles súditos e suas crianças. Entretanto a consciência das condições que viviam os levariam a criar os primeiros movimentos por direitos e condições de trabalho, as primeiras reuniões sindicalistas e logo as relações patrão e empregado nunca mais seriam como antes.</p> <p>James Watt (1736 – 1819) foi o grande inventor da tecnologia que, mais a frente, causaria uma revolução muito além da indústria, seu invento impactaria não apenas a produção industrial, mas causaria mudanças profundas nas relações trabalhistas e na sociedade como um todo, colocando em xeque o prometido progresso pregado pelos entusiastas da nova tecnologia que apresentavam o capitalismo como o novo modo de produção que levaria o mundo a uma nova era de prosperidade. Baseado no texto responda as questões:</p> <p>a) Como você explica o funcionamento de uma máquina a vapor?</p> <p>b) As inovações científicas e tecnológicas sempre buscam levar a sociedade a condição de bem estar social? Explique:</p>

Fonte: Autor (2023).

2ª etapa metodológica da pesquisa: implementação da intervenção pedagógica

A segunda etapa metodológica da pesquisa foi a aplicação da intervenção pedagógica. Ela foi aplicada no horário escolar, no turno da manhã, tendo a participação de 36 estudantes nos dois primeiros encontros (duas aulas geminadas de 50 minutos) e 38 estudantes nos dois últimos encontros (duas aulas geminadas de 50 minutos).

2.3.2 Etapas Metodológicas do Método da avaliação da intervenção

3ª etapa metodológica da pesquisa: a coleta de dados

Para a coleta de dados foram considerados os produtos das atividades dos grupos de estudantes desenvolvidos ao longo da intervenção pedagógica, a saber: 1) desenhos produzidos no 1º momento da intervenção pedagógica; 2) respostas para as questões da atividade experimental no 2º momento da intervenção pedagógica; 3) respostas para a primeira questão do caso no 3º momento da intervenção pedagógica; 4) respostas para a segunda questão do caso no 3º momento da intervenção pedagógica; e 5) desenhos produzidos no 4º momento da intervenção pedagógica.

4ª etapa da pesquisa: Análise de dados

Damiani *et al* (2013) consideram dois tipos de achados nas pesquisas do tipo intervenção pedagógica: I) os achados relativos aos efeitos da intervenção sobre os sujeitos participantes – esses achados estão relacionados às mudanças identificadas nos participantes da pesquisa; e II) achados relativos à intervenção propriamente dita – esses achados estão relacionados aos aspectos da intervenção responsáveis pelas mudanças identificadas em seus participantes.

Nesta pesquisa, considerando os objetivos propostos, analisamos os achados relativos aos efeitos da intervenção sobre os estudantes, ou seja, os achados relativos às compreensões deles sobre relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade, sobre relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais (relações CTS) no contexto da temática “Revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais”, e sobre conceitos químicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre pressão, volume e temperatura, e ao funcionamento da máquina a vapor. Nessa perspectiva, delimitamos as categorias analíticas *a priori* apresentadas no quadro 4.

Quadro 4: Categorias analíticas dos achados relativos aos efeitos da intervenção

Achados da Pesquisa	Categorias analíticas
Achados relativos aos efeitos da intervenção	Compreensões dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade
	Compreensões dos estudantes acerca das relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais (relações CTS).
	Compreensões dos estudantes acerca conceitos químicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre as variáveis pressão, volume e temperatura, e ao funcionamento da máquina a vapor.

Fonte: Autor (2023).

2.5 Aspectos éticos da pesquisa

Do ponto de vista ético não serão divulgados os nomes nem imagens dos estudantes que participaram desta pesquisa. Para a realização desta, o pesquisador entregou à diretora da escola e à professora da turma, que gentilmente cedeu suas aulas para realização deste trabalho, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice 1) para assinatura e autorização.

CAPÍTULO 3. ACHADOS DA PESQUISA E DISCUSSÃO

Organizamos a discussão dos achados relativos aos efeitos da intervenção em três momentos analíticos. Inicialmente, analisamos compreensões dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade. Em seguida, analisamos compreensões dos estudantes sobre relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais, ou seja, sobre relações CTS. Posteriormente, analisamos compreensões dos estudantes acerca dos conceitos químicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre as variáveis pressão, volume e temperatura, e ao funcionamento da máquina a vapor.

3.1 Análise de compreensões dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade

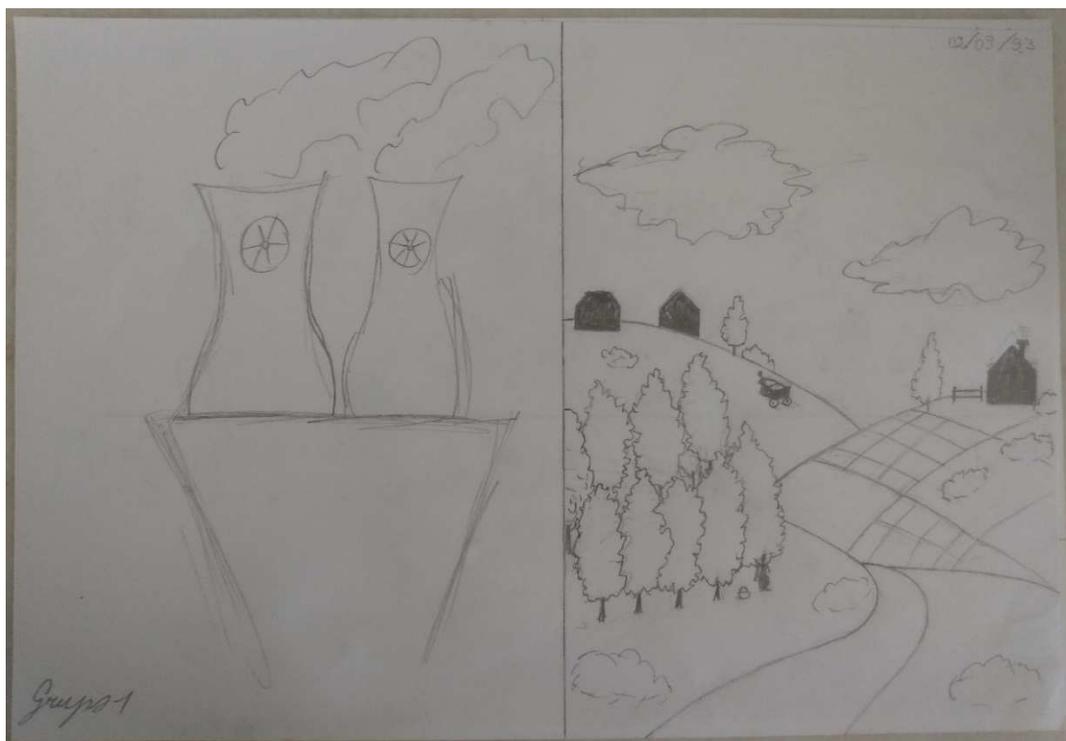
Neste momento analítico, buscamos atender aos seguintes objetivos específicos da pesquisa: identificar compreensões iniciais dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade; e analisar se houve avanços nas compreensões dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade.

Para a análise de compreensões dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade consideramos três fontes de dados: os desenhos produzidos pelos grupos de estudantes no 1º momento da intervenção pedagógica; as respostas dos grupos para a segunda questão do caso “O conceito da máquina a vapor, uma revolução além da indústria”; e os desenhos produzidos pelos grupos de estudantes no 4º momento da intervenção pedagógica.

No primeiro momento da intervenção pedagógica, relativo à fase da autocompreensão (WAKS, 1992 *apud* OLIVEIRA, 2019), os estudantes foram solicitados a construir desenhos que expressassem a compreensão deles da sociedade antes e depois da revolução industrial e da máquina a vapor.

Nesta perspectiva, os desenhos produzidos pelos grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 estão apresentados de acordo com as figuras 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17.

Figura 10: Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 1



Fonte: Autor (2023)

Figura 11: Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 2



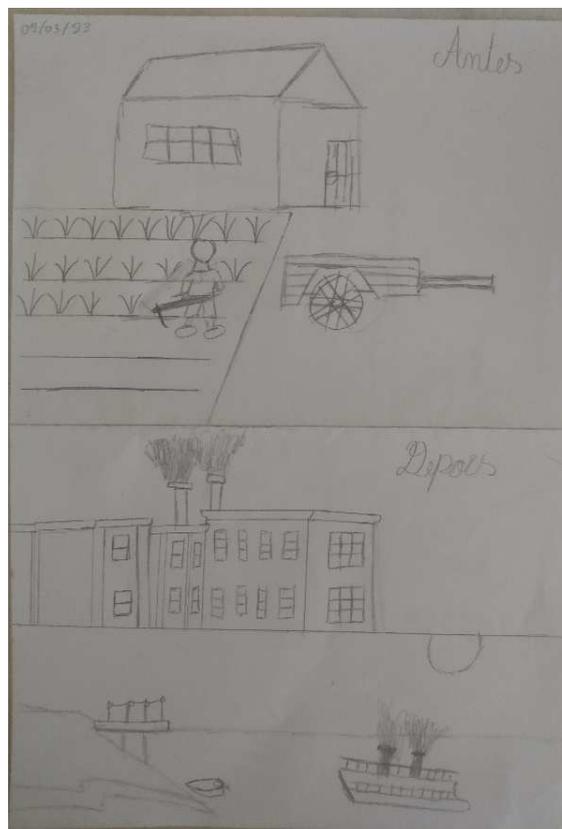
Fonte: Autor (2023)

Figura 12: Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 3



Fonte: Autor (2023)

Figura 13: Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 4



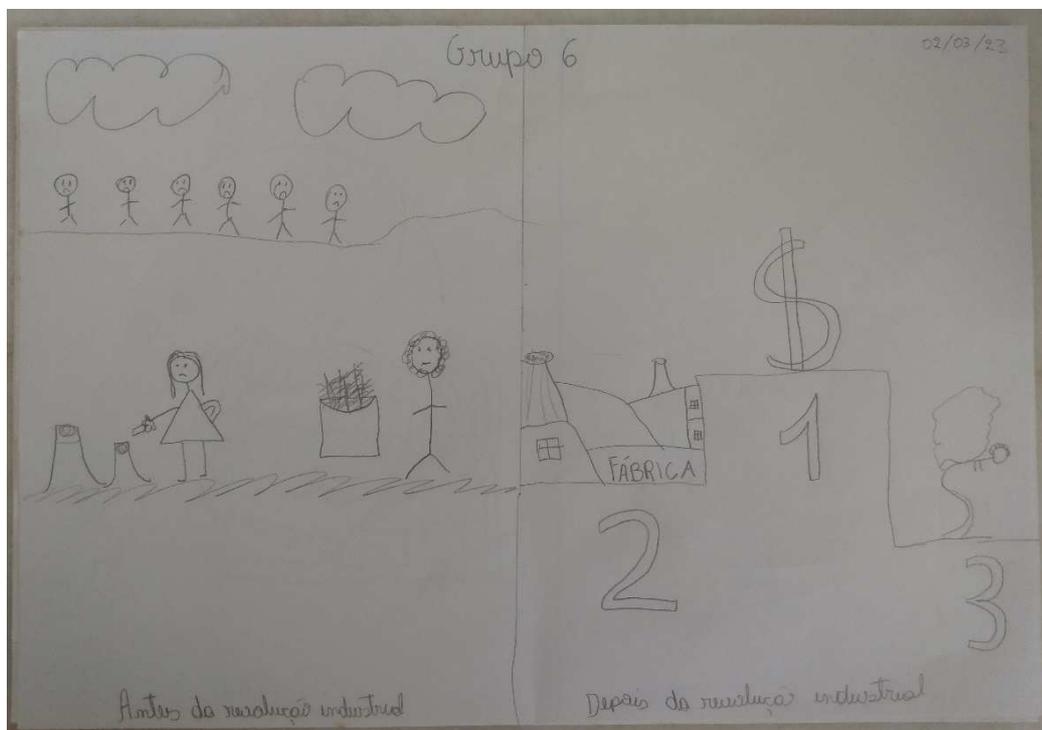
Fonte: Autor (2023)

Figura 14: Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 5



Fonte: Autor (2023)

Figura 15: Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 6



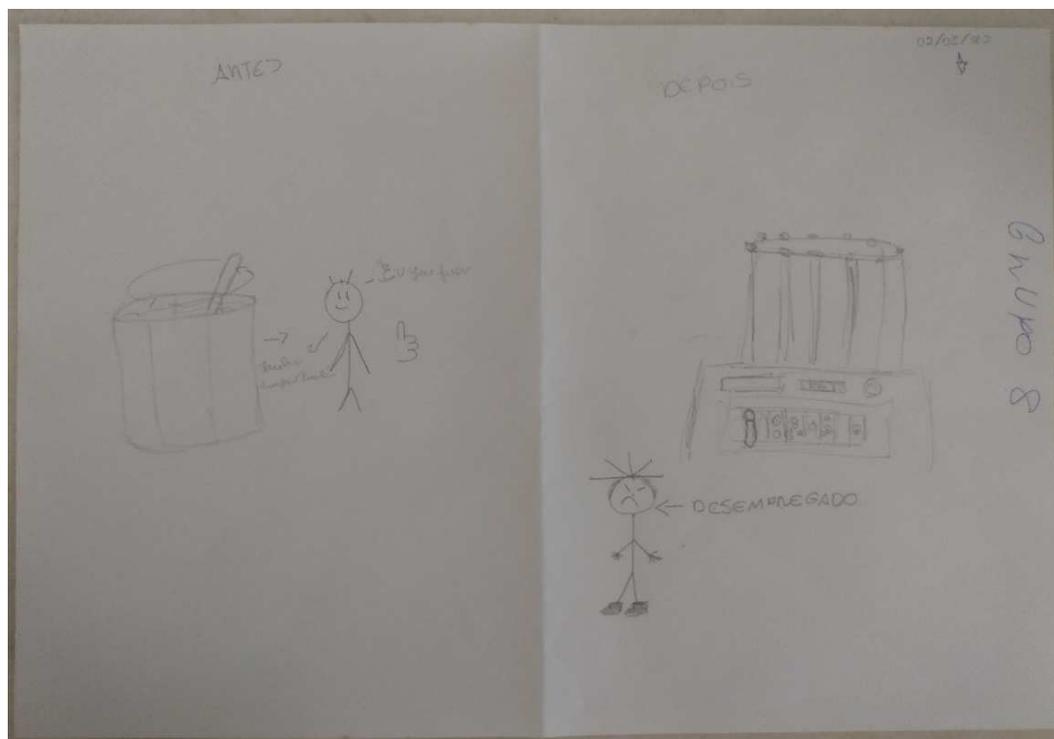
Fonte: Autor (2023)

Figura 16: Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 7



Fonte: Autor (2023)

Figura 17: Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 8



Fonte: Autor (2023)

Figura 18: Desenho relativo ao primeiro momento realizado pelo grupo 9



Fonte: Autor (2023)

Neste momento analítico, a partir desses desenhos, buscamos atender ao objetivo específico de identificar compreensões iniciais dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade. Nesse sentido, realizamos uma descrição dos desenhos dos grupos no quadro 5.

Quadro 5: Interpretação dos desenhos referentes ao primeiro momento

GRUPOS	Quais compreensões iniciais acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade expressas pelos grupos?
1	A paisagem rural e verde foi substituída por fábricas que poluem o meio ambiente.
2	A manufatura de tecidos foi substituída pela maquinofatura.
3	A paisagem rural dá lugar ao crescimento urbano com edifícios altos e fábricas que poluem.
4	O trabalho rural foi substituído pelo trabalho industrial. Fábricas poluindo, mudança nos meios de transporte e a poluição evidenciada.
5	Mudança na forma de se produzir no campo, onde as ferramentas manuais dão lugar as máquinas agrícolas.
6	A agricultura de subsistência deu lugar a produção indústria onde em um pódio, em primeiro lugar vem o lucro, em segundo a fábrica e em terceiro o trabalhador em si.
7	A fabricação manual foi substituída por robôs que tomaram o lugar do trabalhador.
8	Máquinas tomaram o lugar do trabalhador causando desemprego.
9	A produção manual foi substituída por máquinas operadas por pessoas.

Fonte: Autor (2023)

De acordo com as descrições postas no quadro 5, podemos identificar alguns aspectos presentes nas compreensões iniciais dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade.

O primeiro deles é a menção à poluição identificada nos desenhos dos grupos 1, 3 e 4. Esses grupos expressam uma compreensão em comum de que, a partir da revolução industrial e da máquina a vapor, as fábricas são responsáveis pela poluição do meio ambiente. Além da poluição, o grupo 3 destacou a substituição da zona rural pelas cidades com prédios enormes, fazendo uma referência ao êxodo rural ocorrido na época.

Os grupos 6, 7 e 8, em seus desenhos, chamaram a atenção para a questão social relativa ao lugar do trabalhador no processo industrial, considerando: o trabalhador como o elemento de menor importância (grupo 6); a substituição do trabalhador pelas máquinas (grupo 7); e o trabalhador que ficou sem o seu emprego (grupo 8). Percebemos uma compreensão crítica do grupo 6 diante do lucro como prioridade. O grupo destacou um braço robótico construindo uma cadeira que antes era feita por um carpinteiro.

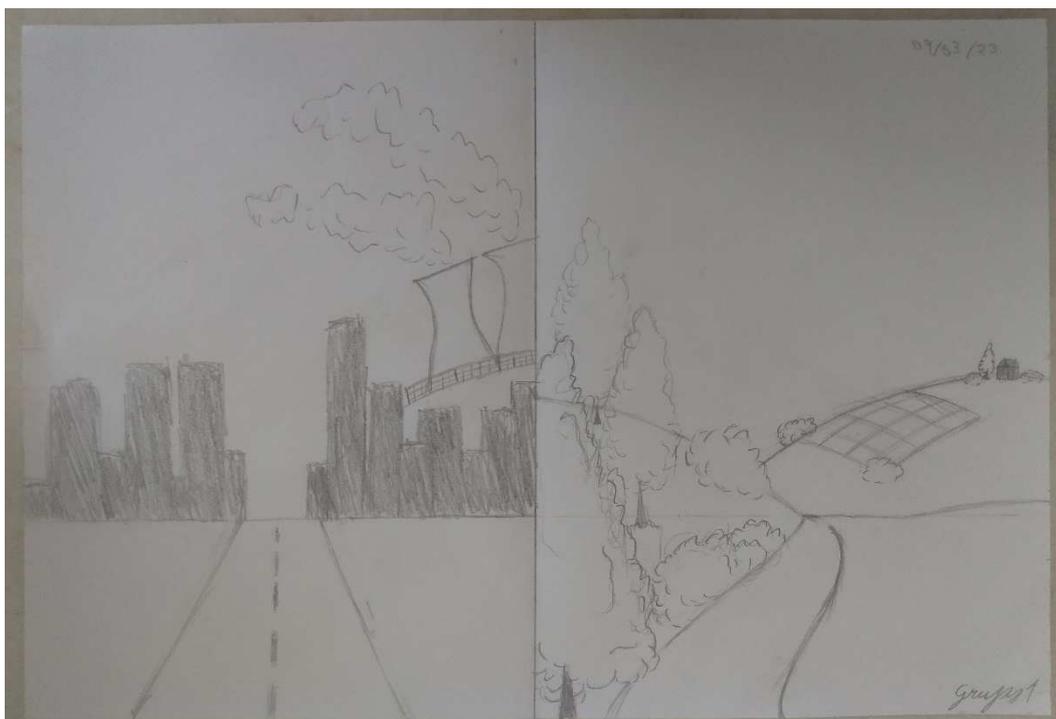
Nos grupos 2, 5 e 9 identificamos uma questão mais voltada para o processo produtivo devido à substituição da produção manual pela maquinofatura, tanto no campo como nas grandes cidades.

A partir desses aspectos, podemos dizer que a maioria dos grupos (grupos 1, 3, 4, 6, 7, e 8), neste 1º momento da intervenção pedagógica, tem compreensões iniciais da acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade que sinalizam um posicionamento crítico sobre essas relações destacando consequências negativas, como, por exemplo, poluição, desemprego, êxodo rural, o lucro em primeiro lugar, e substituição do trabalhador pela máquina.

No quarto momento da intervenção pedagógica, relativo à fase da ação responsável e da integração (WAKS, 1992 *apud* OLIVEIRA, 2019), os estudantes foram solicitados, novamente a construir desenhos que expressassem a compreensão deles da sociedade antes e depois da revolução industrial e da máquina a vapor, após o desenvolvimento das atividades do 2º e 3º momentos.

Neste quarto momento foram produzidos os desenhos de 10 grupos, sendo que o grupo 4 não entregou ao professor o desenho produzido por ele e o grupo 10 foi formado por alunos que faltaram os momentos anteriores. Os desenhos produzidos pelos grupos neste momento da intervenção pedagógica estão apresentados de acordo com as figuras 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 e 27.

Figura 19: Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 1



Fonte: Autor (2023)

Figura 20: Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 2



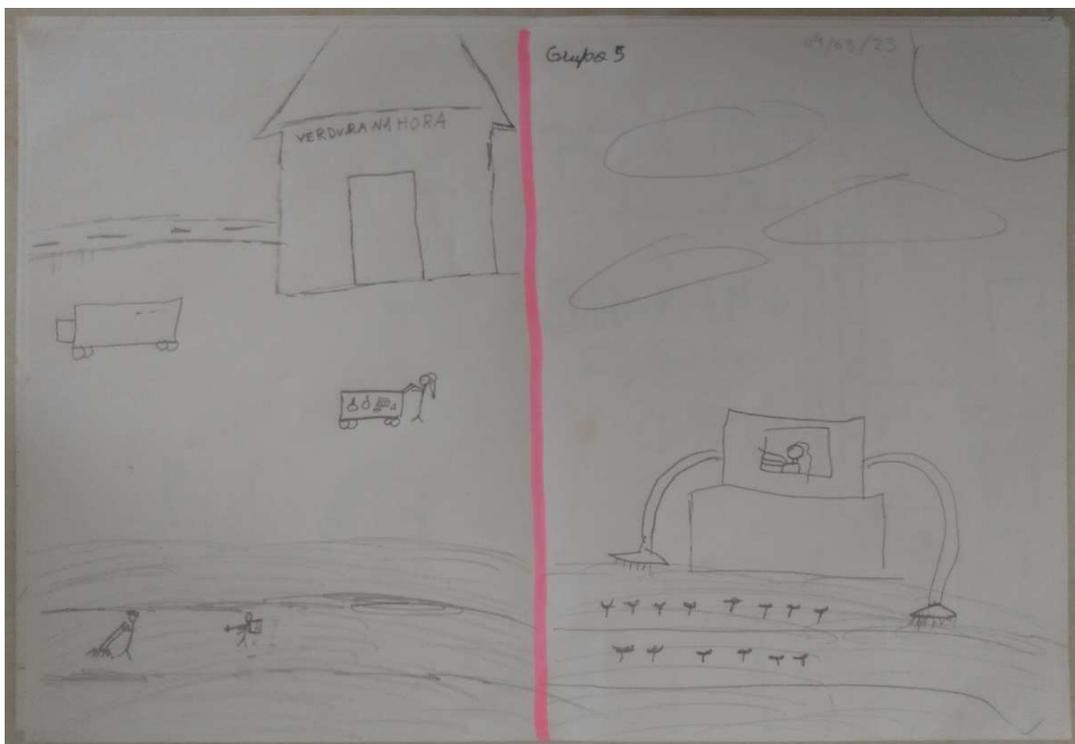
Fonte: Autor (2023)

Figura 21: Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 3



Fonte: Autor (2023).

Figura 22: Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 5



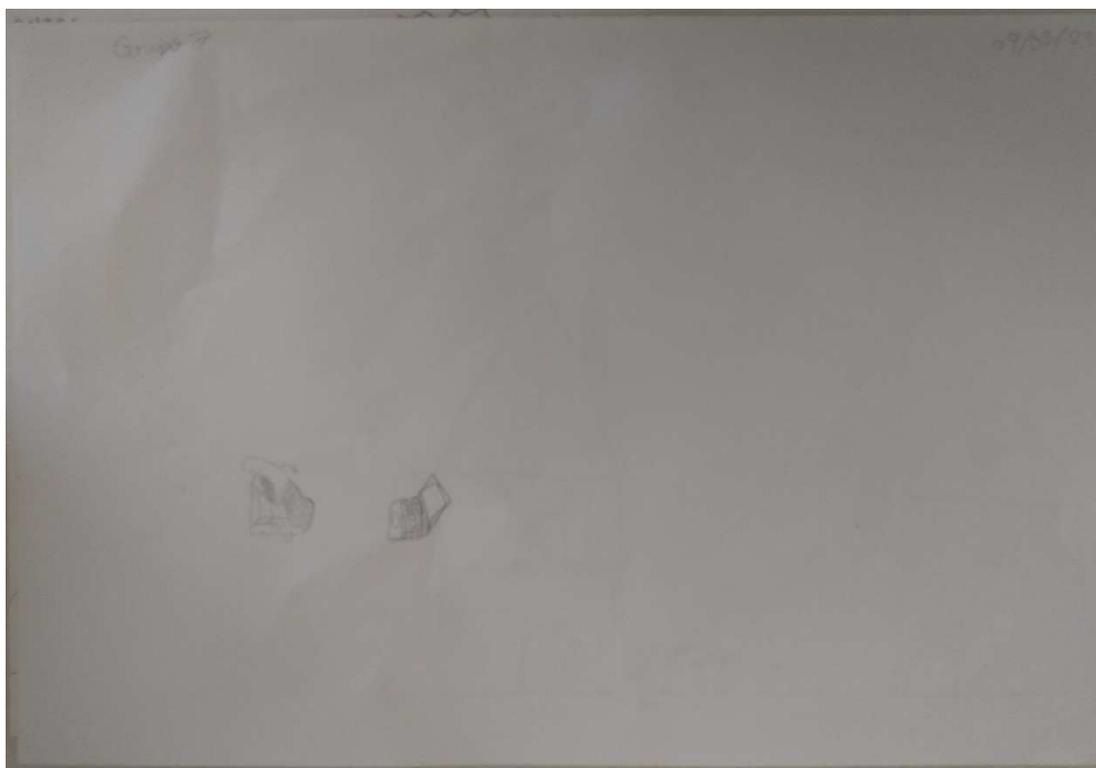
Fonte: Autor (2023).

Figura 23: Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 6



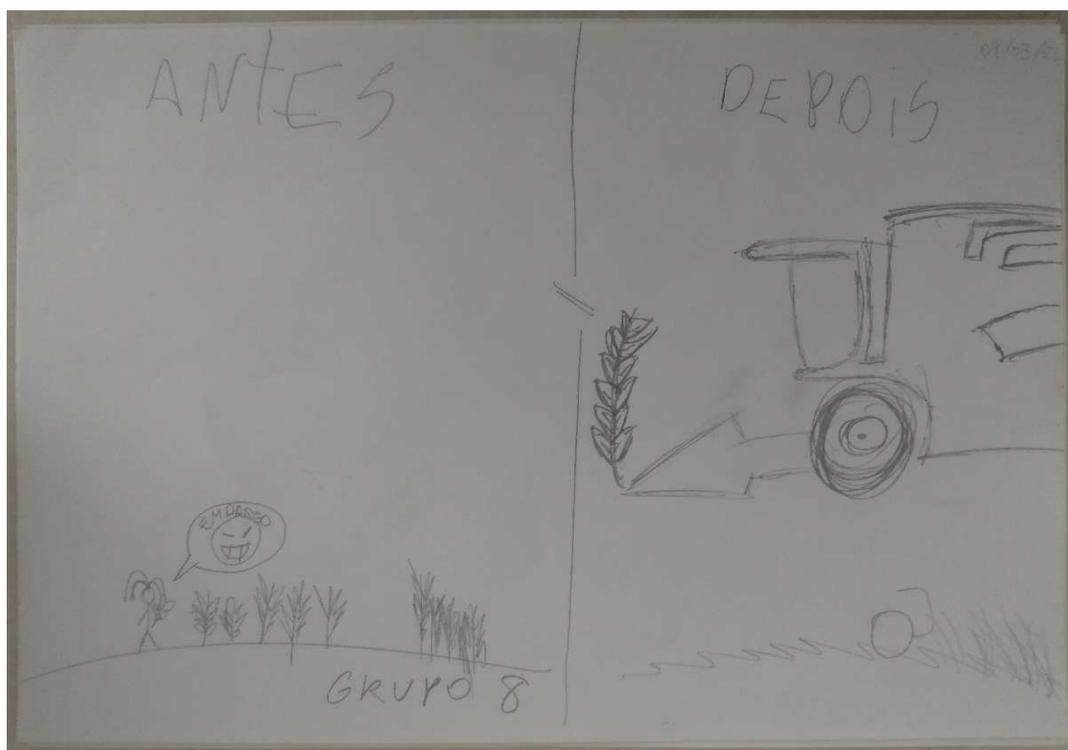
Fonte: Autor (2023).

Figura 24: Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 7



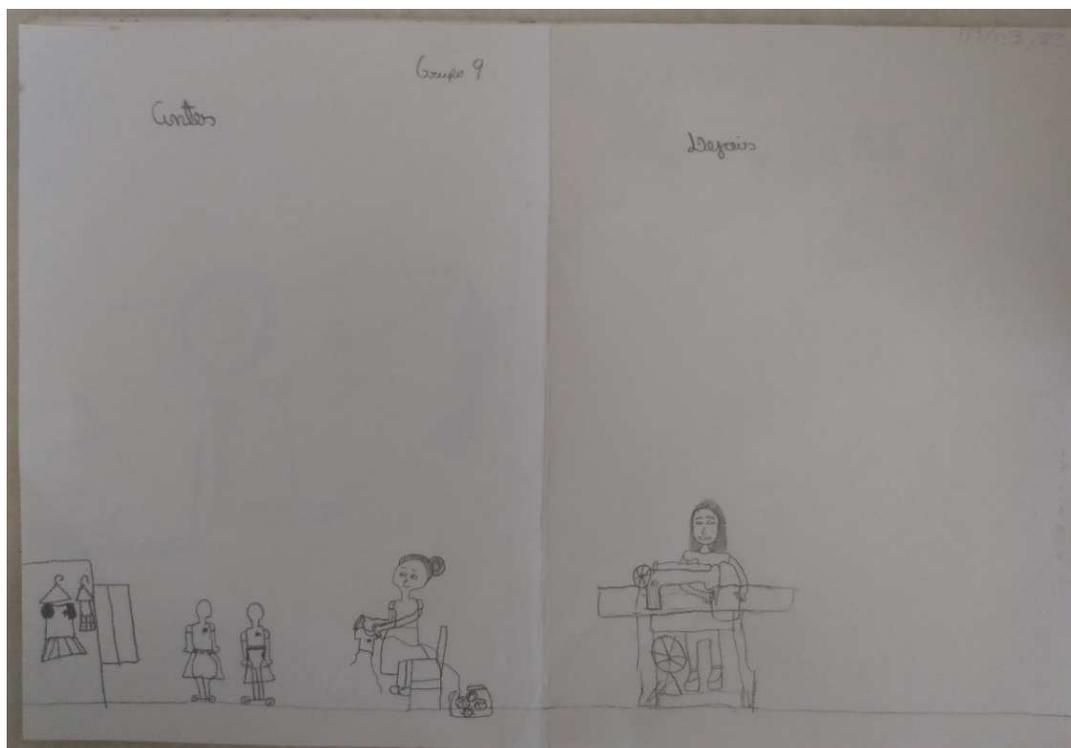
Fonte: Autor (2023).

Figura 25: Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 8



Fonte: Autor (2023)

Figura 26: Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 9



Fonte: Autor (2023).

Figura 27: Desenho relativo ao quarto momento realizado pelo grupo 10



Fonte: Autor (2023).

A partir desses desenhos, buscamos nesse momento analítico, atender ao objetivo específico: analisar se houve avanços nas compreensões dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade. Nesse sentido, fizemos uma descrição dos desenhos dos grupos no quadro 6.

Quadro 6: Interpretação dos desenhos referentes ao quarto momento

GRUPOS	Quais avanços nas compreensões dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade podem ser identificados nos desenhos dos grupos?
1	O verde deu lugar a enormes cidades industrializadas e poluidoras.
2	A agricultura de subsistência e a criação própria de animais foi substituída por grandes e poluidoras fábricas.
3	A simplicidade da vida na zona rural deu lugar a enormes cidades e sistemas complexos de comércio com ênfase em shoppings. O consumismo se faz presente por meio de marcas de grandes corporações como Coca-Cola, Nike, McDonalds, Samsung e Apple ganham destaque
4	Não entregou o desenho.
5	O comércio de verduras frescas deu lugar as verduras com agrotóxicos espalhados por máquinas.
6	Mudança nos meios de transporte, antes os trabalhadores se deslocavam a pé para trabalhar, depois em ônibus que os levam em grupo.
7	Mudança na forma de se comunicar e trabalhar, antes uma máquina de escrever que foi substituída por um notebook.
8	A produção agrícola manual foi substituída por uma máquina agrícola que desempenha a mesma função causando desemprego.

9	Uma costureira que antes realizava sua função manualmente após a revolução industrial conta com uma máquina para realizar seu trabalho.
10	A vida pacata do trabalho no campo deu lugar a cidades agitadas com fábricas e diferentes meios de transportes poluidores.

Fonte: Autor (2023).

De acordo com as descrições postas no quadro 6, podemos identificar alguns aspectos presentes nas compreensões dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade, neste 4º momento da intervenção pedagógica.

Os grupos 1, 2, 5 e 10 destacaram a poluição. Entretanto, outros elementos foram apresentados em suas compreensões. O grupo 1 destacou cidades industrializadas e poluidoras. O grupo 5 mencionou o uso de agrotóxicos facilitado pelas máquinas em detrimento de produtos mais saudáveis característicos da agricultura de subsistência. O grupo 10, formado por estudantes que não estiveram presentes no primeiro momento, trouxe a substituição da tranquilidade da vida do campo pela agitação das cidades e por diferentes meios de transportes que poluem.

O grupo 3 também mencionou a vida simples da zona rural sendo modificada pós revolução industrial. Entretanto, este grupo trouxe também o consumismo. Este é um aspecto interessante se consideramos que a questão do consumismo é inerente ao capitalismo e a revolução industrial.

E o grupo 8, por sua vez, considerou o desemprego como consequência da substituição da produção agrícola manual pela máquina agrícola.

Os grupos 6, 7 e 9 mencionaram mudanças na vida das pessoas. Mudanças na mobilidade das pessoas provocadas pelas mudanças nos meios de transportes (grupo 6). Mudanças na forma de comunicação (grupo 7). Mudanças na realização das atividades (grupo 9). O grupo 7 mencionou a revolução nas comunicações após a revolução industrial. O grupo 9 retratou facilidades das máquinas, pós revolução industrial, no desempenho de atividades, e exemplificou que antes, uma costureira exercia sua função manualmente, e agora utiliza a máquina de costura que pode contribuir para a produtividade.

Dos nove grupos que entregaram seus desenhos neste 4º momento da intervenção pedagógica, seis deles (grupos 1, 2, 3, 5, 8 e 10) têm compreensões acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade que sinalizam um posicionamento crítico sobre essas relações destacando consequências negativas, como, por exemplo, poluição, uso de agrotóxico, consumismo, agitação das grandes cidades, e desemprego.

Entretanto, os grupos 6, 7 e 9 em suas compreensões expressam aspectos positivos para a sociedade quando comparam o antes e o depois da revolução industrial, como, por exemplo, contribuições relativas aos meios de transportes e às formas de comunicação.

Portanto, buscando analisar se houve avanços nas compreensões dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade, podemos dizer que sim, houve avanços. Esses avanços são relativos tanto aos novos elementos (consumismo e agrotóxico) apontados pelos grupos 3 e 5, respectivamente, destacando-os como consequências negativas, quanto às contribuições sinalizadas para a sociedade, tais como contribuições relativas aos meios de transportes e às formas de comunicação, conforme grupos 6 e 7, respectivamente.

Nesse sentido, as compreensões dos estudantes corroboram tanto com as ideias de Silva e Errobidart (2019) sobre as contribuições da máquina a vapor para a industrialização, bem como as ideias Engels (1845) citado por Thompson (1987) em relação aos problemas sociais decorrentes da revolução industrial e dos novos modos de produção.

Por fim, vale salientar que nas décadas seguintes a invenção da máquina a vapor, outras máquinas facilitaram a vida das pessoas como, por exemplo, a geladeira e a máquina de lavar.

3.2 Análise de compreensões dos estudantes sobre relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais

Neste momento analítico, buscamos atender ao seguinte objetivo específico da pesquisa: avaliar compreensões dos estudantes sobre relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais.

No 3º momento da intervenção pedagógica, relativo à fase da tomada de decisão (WAKS, 1992 *apud* OLIVEIRA, 2019), os estudantes organizados em grupos, fizeram a leitura do respectivo caso e, em seguida, foram solicitados a elaborarem uma resposta para ele.

As respostas dos grupos, consideradas para análise neste momento, foram aquelas relacionadas à segunda questão do caso (As inovações científicas e tecnológicas sempre buscam levar a sociedade a condição de bem estar social? Explique:) e estão transcritas no quadro 7:

Quadro 7: Respostas dos grupos à segunda questão do caso

Grupos	Respostas para a segunda questão do caso
1	Depende, tudo tem um lado bom e um ruim a máquina a vapor por exemplo exigia menos mão de obra para que suas funções fossem

	desempenhadas, mas por outro lado diminuiu os salários e aumentou a taxa de desemprego.
2	Sim, pois ao decorrer da evolução humana as máquinas sempre facilitaram algum tipo de trabalho humano.
3	Nem sempre, além de visar o bem estar da população também visam o lucro.
4	As inovações tecnológicas agregam o conhecimento científico, a tecnologia através da internet e das redes sociais ajudam a sociedade a se expressar sobre diversos assuntos.
5	Depende, porque as máquinas tomaram o lugar de muitos trabalhadores é por conta disso ficou muito desemprego no nosso país, mas por outro lado a tecnologia deu muitas chances de coisas novas.
6	Não, na verdade quando surgiu tinha a ideia de deixar a impressão de que os trabalhadores teriam sua vida facilitada para cumprir seus deveres, mas não era assim que acontecia. Mas eles trabalhavam mais em condições de miséria.
7	(Não respondeu.)
8	Sim, com o objetivo de facilitar as nossas vidas e (inelegível).
9	Não, pois eles também visam os lucros e também as melhorias.
10	Não, o progresso científico e tecnológico, busca apenas visar os lucros.

Fonte: Autor (2023).

Analisando as repostas dos grupos para a questão “As inovações científicas e tecnológicas sempre buscam levar a sociedade a condição de bem estar social? Explique.”, percebemos que os grupos 1, 3, 5 e 9 apresentaram respostas ponderadas ao tempo que consideraram os dois lados: os benefícios e os malefícios. Esses grupos relacionaram aspectos positivos e negativos com relação ao avanço da tecnologia.

Ainda que a questão tenha sido feita no âmbito da evolução tecnológica em geral, o grupo 1 se atrelou a revolução industrial e a máquina a vapor citando o lado da diminuição da mão de obra, por conta da invenção dela, como algo positivo, mas também citou o lado negativo do aumento do desemprego.

Embora o grupo 9 não tenha apresentado em sua resposta um “nem sempre” ou um “depende” e tenha começado com um “não”, podemos dizer que ele segue na direção dos grupos 1, 3 e 5, dado que ele considera os dois lados ao dizer que “Não, pois eles também visam os lucros e também as melhorias”, ou seja, podemos entender que para esse grupo, apesar dos lucros tem as melhorias para a sociedade.

Os grupos 2, 4 e 8 expressaram respostas em um extremo quando mencionam que **sempre** as inovações científicas e tecnológicas repercutem no bem estar social. Respostas como “Sim, pois ao decorrer da evolução humana as máquinas sempre facilitaram algum tipo de trabalho humano” (grupo 2) e “Sim, com o objetivo de facilitar as nossas vidas e (inelegível)” (grupo 8) evidenciam respostas que só consideram o lado benéfico das inovações científicas e

tecnológicas. O grupo 4 relacionou o desenvolvimento tecnológico com a internet e redes sociais, destacando suas contribuições para a sociedade.

E os grupos 6 e 10 expressaram respostas para um outro extremo quando mencionam que as inovações científicas e tecnológicas **não** repercutem no bem estar social. Resposta como “Não, na verdade quando surgiu tinha a ideia de deixar a impressão de que os trabalhadores teriam sua vida facilitada para cumprir seus deveres, mas não era assim que acontecia. Mas eles trabalhavam mais em condições de miséria.” (grupo 6) e “Não, o progresso científico e tecnológico, busca apenas visar os lucros” (grupo 10) são evidências de compreensões que só consideram o lado maléfico das inovações científicas e tecnológicas.

Em seguida, após os grupos responderem às questões do caso, os estudantes participaram de um debate sobre o impacto de novas tecnologias na sociedade e decidiram, coletivamente, sobre a resposta mais adequada para as questões do caso apresentadas pelos grupos. Para o coletivo, a resposta que melhor responde à questão “As inovações científicas e tecnológicas sempre buscam levar a sociedade a condição de bem estar social? Explique”, foi a do grupo 3: **Nem sempre, além de visar o bem estar da população também visam o lucro.**

Considerando a resposta escolhida para representar a turma, podemos dizer que para eles nem sempre as inovações científicas e tecnológicas conseguem apenas o bem-estar social, visto que existem aspectos positivos e negativos nesse processo. Os estudantes, ao decidirem sobre a resposta do grupo 3 para representá-los, destacaram a questão do lucro.

Portanto, nos parece que os estudantes, têm uma compreensão que se aproxima daquela em que a tecnologia pode ser um motor da sociedade (SANTOS, 1999) trazendo implicações, por exemplo, sociais positivas e negativas.

E esse tipo de compreensão é esperada em uma abordagem CTS dado que nela busca-se “[...] tornar os discentes capazes de refletir de forma crítica a respeito dos rumos da sociedade, [...]”. (FERREIRA *et al*, 2018 p. 2).

3.3 Análise de compreensões dos estudantes acerca dos conceitos químicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre pressão, volume e temperatura, e ao funcionamento da máquina a vapor

Neste momento analítico, buscamos atender ao seguinte objetivo específico da pesquisa: analisar compreensões dos estudantes acerca dos conceitos químicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre pressão, volume e temperatura, e ao funcionamento da máquina a vapor.

No 2º momento da intervenção pedagógica, relativo à fase do estudo e reflexão (WAKS, 1992 *apud* OLIVEIRA, 2019), os estudantes assistiram um vídeo com uma atividade experimental sobre estudo dos gases envolvendo as transformações Isocórica, Isobárica e Isotérmica.

O vídeo com a atividade experimental abordava os três tipos de transformações. A primeira delas foi a transformação isocórica. Nesse sentido, é mostrado que a água sobe pelo canudo por conta do aumento da pressão dentro do recipiente como uma forma de aliviar a mesma, semelhante ao que acontece em uma panela de pressão na qual a válvula trabalha como uma forma de aliviar a pressão para evitar a explosão da panela, mas o volume dentro permanece constante, pois não tem para onde se expandir.

A segunda transformação foi a isobárica. A bexiga infla devido ao aumento da agitação das moléculas do oxigênio ao ser aquecido, quando a garrafa é colocada na água quente, o que reflete no aumento do volume do gás causando a expansão dele. Por outro lado, a mesma bexiga retorna para o estado de repouso quando o oxigênio é resfriado ao colocar a garrafa na água gelada, pois a agitação das moléculas de oxigênio diminui e o gás retrai novamente o seu volume.

Por fim, é ilustrada a transformação isotérmica. Dessa forma ao pressionar a seringa as moléculas de oxigênio são comprimidas, o volume é diminuído e a pressão aumentada, a tampa da seringa chega a ser expelida da mesma por conta desse aumento de pressão que o sistema tenta estabilizar; por outro lado ao ser puxado o embolo da seringa, as moléculas são afastadas uma das outras causando o aumento do volume e diminuição da pressão, uma resistência começa a ser sentida por conta da pressão atmosférica maior no exterior que tende a empurrar o embolo de volta.

Em seguida, os estudantes participaram de uma aula expositiva dialogada sobre relações de pressão, volume e temperatura no comportamento de um gás. Após a aula dialogada, os estudantes, organizados em grupos, foram solicitados a responderem as seguintes questões:

1ª Questão: Por que a água subiu pelo canudo?

Respostas dos grupos:

Grupo 1: Porque a pressão estava muito grande dentro da garrafa e não tinha por onde correr e por conta disso água subiu pelo canudo para liberar a pressão.

Grupo 2: Por causa da pressão.

Grupo 3: Porque a pressão aumentou.

Grupo 4: Por que ao sugar o líquido que contém no canudinho, abaixa a pressão atmosférica dentro dele que acaba ignorando a lei da gravidade fazendo com que ele suba.

Grupo 5: Por conta do calor e o ar se expandindo fez pressão para a água subir.

Grupo 6: Por conta da pressão da atmosfera.

Grupo 7: Por que a pressão foi aumentada.

Grupo 8: Por que a tampa tava fechada e a água tava quente.

Grupo 9: Por causa da pressão que se expandiu na garrafa, com o aumento da temperatura.

Grupo 10: A água quente aumentou a pressão e diminuiu o volume.

2ª Questão: Por que a bexiga inflou na água quente e desinflou na água gelada?

Respostas dos grupos:

Grupo 1: Porque a pressão subiu por causa da temperatura, então quando foi posta a água quente veio uma grande quantidade de pressão e inflou a bexiga e quando foi posto a água gelada essa pressão baixou murchando a bexiga.

Grupo 2: Por causa da temperatura da água quente pressionou o oxigênio e a bexiga inflou quando colocada na água fria a pressão aliviou.

Grupo 3: Na água quente a temperatura aumentou fazendo com que as moléculas se expandirem e o volume crescesse. Na água gelada a temperatura diminuiu fazendo com que as moléculas reprimissem e diminuindo o volume.

Grupo 4: Os átomos do ar presente nos balões está em constante agitação, e se agitam mais na temperatura ambiente, como é o caso da água quente.

Grupo 5: Por que aumentou a temperatura e inflou o balão, quando colocou a água gelada o balão diminuiu.

Grupo 6: Ao esquentar, o ar ocupa mais espaço, pois suas partículas ficam mais agitadas e a bexiga se enche, assim que as partículas de ar esfriam, passaram a se mover menos, e o ar ocupa menos espaço.

Grupo 7: Por conta das mudanças de temperatura.

Grupo 8: Por conta do vapor que aumentou o volume/densidade.

Grupo 9: Por causa da mudança de temperatura na água, que na quente elevou a pressão e criou o vapor e a gelada desaqueceu essa temperatura.

Grupo 10: A água quente expandiu o ar e a bexiga encheu, na água fria o ar contraiu e a bexiga murchou.

3ª Questão: Por que a seringa ofereceu resistência ao ser pressionada e ao ser puxada?

Respostas dos grupos:

Grupo 1: Por que ao se pressionada aumentou a pressão e diminuiu o volume e quando foi puxada aumentou o volume e diminuiu a pressão.

Grupo 2: Por que pressionou as moléculas.

Grupo 3: Ao se pressionada a pressão foi aumentada e o volume diminuindo. E ao se puxada o volume foi aumentado e a pressão diminuindo.

Grupo 4: Isso acontece devido à pressão exercida pelas moléculas do gás.

Grupo 5: O primeiro caso diminuiu o volume e aumentou a pressão. O segundo caso aumentou o volume e diminuiu a pressão.

Grupo 6: Por conta da pressão.

Grupo 7: (Não respondeu.)

Grupo 8: Por conta da pressão que aumentou na hora que foi pressionada e não tinha aonde correr.

Grupo 9: Por que o ar ficou comprimido dentro da seringa.

Grupo 10: Ao pressionar a pressão aumentou e o volume diminuiu, entretanto, ao puxar, ele aumentou o volume diminuiu a pressão.

Para a primeira questão, que envolveu a transformação isocórica, os grupos 1, 2, 3 e 7 expressaram respostas coerentes do ponto de vista científico, dado que, segundo Atkins e Jones (2007), o aumento da temperatura a volume constante provoca o aumento da pressão e é esse aumento que faz a água subir pelo canudo, numa tentativa do sistema de aliviar a pressão. Ainda que o grupo 2 tenha se resumido a dizer por causa da pressão, quando deveria ter dito que era por causa do aumento da pressão, mas é entendido que eles conseguiram captar a ideia.

Entretanto os demais grupos (grupos 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10) não conseguiram expressar em suas respostas as relações entre as três variáveis abordadas.

Quanto à segunda questão, referente a transformação isobárica, os grupos 3, 5, 6 e 10 expressaram respostas coerentes do ponto de vista científico, considerando que o aumento da temperatura a pressão constante provoca o aumento do volume (ATKINS; JONES, 2007) dado que o gás apresenta a tendência de se expandir e isso explica a bexiga inflar e desinflar quando o oxigênio presente na garrafa é aquecido e resfriado. Contudo, somente o grupo 3 conseguiu explicar o fenômeno de forma mais completa se aproximando da explicação acima ao responder que “Na água quente a temperatura aumentou fazendo com que as moléculas se expandirem e o volume crescesse. Na água gelada a temperatura diminuiu fazendo com que as moléculas reprimissem e diminuindo o volume”.

Merece destaque a resposta do grupo 8 que afirmou que a bexiga inflou por conta do vapor que aumentou o volume/densidade, a palavra densidade em nenhum momento foi citada no vídeo e nem na aula do professor, além de que vapor nada tem a ver com a tentativa de expansão do oxigênio aquecido. E, os demais grupos (grupos 1, 2, 4, 7, 8 e 9) apresentaram repostas desconexas.

Em relação à questão 3, referente a transformação isotérmica, percebemos que os grupos 1, 3, 5 e 10 conseguiram acertar a questão em sua totalidade dando uma explicação bastante satisfatória sobre o fenômeno do ponto de vista científico. A resposta do grupo vai de encontro ao que afirmam Atkins e Jones (2007) com relação a transformações isotérmicas, onde as variáveis volume e pressão são inversamente proporcionais, então ao pressionar o embolo da seringa ocorre o aumento da pressão e diminuição do volume, e ao puxá-la ocorre o aumento de volume e diminuição da pressão.

O grupo 8 conseguiu acertar metade da questão, referindo-se apenas a parte em que o embolo é empurrado e a pressão aumenta e o volume diminui, mas não respondeu o que acontece na segunda parte do experimento quando o embolo é puxado. O grupo 7 não respondeu. E os grupos 2, 4 e 6 não conseguiram explicar o ocorrido no experimento.

A partir das análises das respostas dos grupos para as três questões, percebemos que o grupo 3 foi o único grupo a acertar as três questões, ainda que sua resposta para a questão 1 tenha sido resumida. O grupo 10 acertou a segunda e terceira questões e considerando a ausência de seus integrantes na aula anterior, isso caracteriza um resultado satisfatório.

Vale ressaltar que, embora alguns grupos tenham se confundido quanto às relações entre as variáveis de estado temperatura, volume e pressão, podemos perceber que eles, nesse 2º momento da intervenção pedagógica, compreenderam alguns aspectos das relações entre pressão, volume e temperatura, como, por exemplo, da relação entre temperatura e pressão a volume constante.

Conforme mencionamos anteriormente, no 3º momento da intervenção pedagógica, relativo à fase da tomada de decisão (WAKS, 1992 *apud* OLIVEIRA, 2019), os estudantes organizados em grupos, fizeram a leitura do respectivo caso e, em seguida, foram solicitados a responderem duas questões postas sobre o caso.

As respostas dos grupos, consideradas para análise neste momento, foram aquelas relacionadas à primeira questão do caso (Como você explica o funcionamento de uma máquina a vapor?) e estão transcritas no quadro 8:

Quadro 8: Respostas dos grupos à primeira questão do caso

Grupos	Respostas para a primeira questão do caso
1	Funciona a partir da temperatura, era utilizando água e ela era esquentada para assim funcionar.
2	A máquina a vapor exigia menos mão de obra para que suas funções fossem desempenhadas diminuindo os salários e a quantidade de trabalhadores e maximizando a produção e que também provocava a maximização dos lucros e acúmulo de capital.
3	Quando a água é aquecida, devido a sua elevada temperatura do estado líquido para o gasoso. Dentro dessa máquina tem um pistão. Quando era aquecido o volume expandia e quando esfriava diminuía.
4	A máquina a vapor transforma a energia térmica da combustão em energia mecânica, ou seja, em movimento, e cuja energia provem da queima do carvão.
5	Dentro do cilindro, o vapor de água empurra um pistão, que, por sua vez se desloca, movendo uma roda.
6	A máquina a vapor utiliza um material combustível, como carvão, para obter vapor d'água, que é mantida sobre pressão e tem sua força utilizada para pôr em movimento um embolo ou pistão.
7	Por causa o pistão faz funcionar a máquina.
8	Ela faz gerar combustível fazendo a máquina funcionar a base de vapor.
9	Dentro da parte onde localiza o vapor de água, com o aumento da temperatura, impulsiona o vapor e a outra parte libera, fazendo funcionar.
10	A máquina a vapor, funciona, pois, a água esquentada e o vapor aumenta o volume no cilindro, isso faz com que ele se mova, quando chega em um certo ponto o ar sai e o pistão volta ou seja ele aumentou o volume e diminuiu a pressão e diminuiu o volume e aumenta a pressão várias vezes.

Fonte: Autor (2023).

Analisando as respostas para a questão “Como você explica o funcionamento de uma máquina a vapor?”, percebemos que os grupos 3 e 5 conseguiram expressar compreensões coerentes do ponto de vista científico, apesar do grupo 5 não ter citado a expansão de volume.

Quando o grupo 3 responde que “Quando a água é aquecida, devido a sua elevada temperatura do estado líquido para o gasoso” e o grupo 5 responde que “Dentro dessa máquina tem um pistão. Quando era aquecido o volume expandia e quando esfriava diminuía”, expressam compreensões coerentes do ponto de vista científico, dado que segundo Silva e Errobidart (2019), no funcionamento da máquina a vapor, a água aquecida passa para o estado gasoso e na tentativa de se expandir aumenta o volume e movimenta o pistão da máquina, e ao ser resfriada, o vapor condensa e faz com que o pistão retorne ao ponto inicial devido à pressão atmosférica.

A resposta do grupo 10 - “A máquina a vapor, funciona, pois, a água esquentada e o vapor aumenta o volume no cilindro, isso faz com que ele se mova, quando chega em um certo ponto o ar sai e o pistão volta ou seja ele aumentou o volume diminuiu a pressão e diminuiu o volume e aumenta a pressão várias vezes” - está parcialmente correta. Isso porque, segundo Silva e Errobidart (2019), e também segundo Atkins (2007), um gás aquecido tende a expandir seu

volume a pressão constante e empurrar o pistão. Percebemos que o grupo compreendeu o processo do funcionamento da máquina a vapor, mas se confundiu sobre a relação volume e pressão, afirmando que a pressão é aumentada várias vezes e isso nada tem a ver com o funcionamento da máquina a vapor, onde a pressão deve permanecer constante para que a água em estado gasoso possa se expandir e empurrar o pistão.

A resposta do grupo 2 - “A máquina a vapor exigia menos mão de obra para que suas funções fossem desempenhadas diminuindo os salários e a quantidade de trabalhadores e maximizando a produção e que também provocava a maximização dos lucros e acúmulo de capital” - não explicou o funcionamento da máquina de vapor, mas explorou questões sociais decorrentes do seu uso, ou seja, não respondeu o que a questão solicitou.

A resposta do grupo 4 envolve transformação de energia térmica em energia mecânica, entretanto, em nenhum momento essa transformação foi mencionada seja pelo professor ou no vídeo do experimento do momento anterior. E os grupos 1, 6, 7, 8 e 9 apresentaram respostas desconexas ou incompletas sobre o funcionamento da máquina.

Enfim, a partir das análises realizadas podemos responder à questão de pesquisa proposta: como estudantes compreendem relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais (relações CTS) e conceitos científicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre pressão, volume e temperatura, e ao funcionamento da máquina a vapor por meio de uma intervenção pedagógica com abordagem CTS a partir da temática “Revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais”?

Quanto às compreensões dos estudantes sobre relações CTS, consideramos dois aspectos. Um primeiro aspecto refere-se às compreensões dos estudantes acerca das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade. Nesse sentido, podemos dizer que os estudantes, de modo geral, ao expressarem a sociedade antes e após a revolução industrial e a invenção da máquina de vapor, apresentaram compreensões que envolvem tanto consequências negativas, como, por exemplo, poluição, desemprego, êxodo rural, o lucro em primeiro lugar, e substituição do trabalhador pela máquina, como consequências positivas, como, por exemplo, contribuições relativas aos meios de transportes e às formas de comunicação.

Um segundo aspecto relaciona-se às compreensões dos estudantes acerca das relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais, ou seja, acerca das relações CTS. Nesse sentido, identificamos compreensões que consideram que as inovações científicas e tecnológicas **sempre** repercutem no bem estar social, compreensões que consideram que elas **não** repercutem no bem estar social, e compreensões que consideram tanto

os benefícios como os malefícios das inovações científicas e tecnológicas para o bem estar social.

As compreensões dos estudantes das relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade e das relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais corroboram a ideia de Santos (2001, p. 69), quando destaca que: “[...] a tecnologia é impensável fora da sociedade. Seus modos de produção incorporam opções da sociedade e produz nestas grandes mudanças sociais e culturais, [...]”.

Quanto às compreensões dos estudantes acerca de conceitos científicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre pressão, volume e temperatura, e ao funcionamento da máquina a vapor, mais uma vez consideramos dois aspectos.

O primeiro aspecto está relacionado às compreensões dos estudantes acerca de conceitos científicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre pressão, volume e temperatura. Nesse sentido, podemos dizer que alguns dos estudantes compreenderam aspectos relevantes sobre tais relações, ou seja, expressaram compreensões coerentes do ponto de vista científico, como, por exemplo, sobre a relação entre temperatura e pressão a volume constante.

E o segundo aspecto refere-se às compreensões dos estudantes acerca dos conceitos científicos relativos ao funcionamento da máquina de vapor. Sobre esses aspectos podemos dizer que poucos estudantes conseguiram explicar, do ponto de vista científico, o funcionamento da máquina a vapor.

Os resultados relativos ao primeiro e segundo aspectos são preocupantes, dado que a compreensão de conceitos científicos é relevante na abordagem CTS, visto que, “[...] o conhecimento sobre princípios científicos e suas aplicações em artefatos tecnológicos poderá contribuir para que o indivíduo participe ativamente de contextos sociais e julgue responsabilmente situações” (FIRME; AMARAL, 2011, p. 384).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho tivemos o objetivo de analisar compreensões de estudantes sobre relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais (relações CTS) e conceitos científicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre as variáveis pressão, volume e temperatura, e ao funcionamento da máquina a vapor por meio de uma intervenção pedagógica com abordagem CTS a partir da temática “Revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais”.

Quanto às compreensões sobre relações CTS, consideramos dois aspectos. No que se refere às relações entre revolução industrial, máquina a vapor e a sociedade, os estudantes expressaram compreensões que consideraram tanto consequências negativas da revolução industrial para sociedade, como, por exemplo, a poluição e o desemprego, como consequências positivas, como, por exemplo, evoluções aos meios de transportes e às formas de comunicação. E no que se refere às relações CTS, ou seja, às relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações sociais, identificamos três compreensões diferentes: compreensões que consideram que as inovações científicas e tecnológicas **sempre** repercutem no bem estar social; compreensões que consideram que tais inovações **não** repercutem no bem estar social, e compreensões que consideram tanto os benefícios como os malefícios das inovações científicas e tecnológicas para o bem estar social.

Quanto às compreensões de conceitos científicos relativos ao estudo dos gases, com ênfase nas relações entre as variáveis pressão, volume e temperatura, e ao funcionamento da máquina a vapor, consideramos dois aspectos. No que se refere às relações entre as variáveis pressão, volume e temperatura, podemos dizer que alguns dos estudantes compreenderam aspectos relevantes sobre tais relações ao expressaram compreensões coerentes do ponto de vista científico. No que se refere ao funcionamento da máquina a vapor, destacamos que poucos foram os estudantes que conseguiram explicar esse funcionamento, do ponto de vista científico.

De modo geral podemos dizer que os achados desta pesquisa trazem contribuições para o ensino de Química segundo a abordagem CTS. Uma delas é a possibilidade que este tipo de abordagem oferece para trabalhar os conceitos químicos articulados às questões tecnológicas e sociais, como foi explorado na temática abordada nesta pesquisa: “Revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais”.

Adicionalmente, ressaltamos que o estudo do caso histórico contribuiu para a abordagem das relações CTS e de conceitos científicos a partir da temática “Revolução industrial e a máquina a vapor: reflexos nas mudanças sociais”.

Um aspecto a destacar é relativo à dificuldade no desenvolvimento desta pesquisa quanto ao tempo, pois não permitiu desenvolver a intervenção pedagógica em um maior número de aulas, e por conseguinte, discutir mais com os estudantes ao longo dos momentos da respectiva intervenção.

Por fim, acreditamos que os resultados dessa pesquisa possam abrir caminhos para a abordagem de conteúdos químicos articulados às relações CTS e aos casos históricos na perspectiva da contextualização, e instigar novas questões de pesquisas. Sobre esse segundo aspecto, pesquisas voltadas para a aprendizagem de conceitos científicos na abordagem CTS podem constituir nova agenda de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2007
- BRANCO, E. et al. **Uma Visão Crítica sobre A Implantação da Base Nacional Comum Curricular em Consonância com a Reforma do Ensino Médio**. 2018. Disponível em <https://anec.org.br/wp-content/uploads/2020/04/5087-20168-2-PB.pdf> Acessado em 13/09/2022
- BRASIL. **Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017.
- DAMIANI, M. F. et al **Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica**. 2013. Disponível em <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/caduc/article/view/3822> Acessado em 27/03/2023
- ENGELS, Friedrich. **A situação da classe trabalhadora na Inglaterra**. Tradução B. A. Schumann. Supervisão, apresentação e notas José Paulo Neto. Editora Boitempo. São Paulo. 2010
- FERREIRA, W. et al. **Corantes: Uma Abordagem com Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) Usando Processos Oxidativos Avançados**. 2017. Disponível em http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40_4/05-RSA-36-17.pdf Acessado em 13/09/2022
- FIRME, R. N.; AMARAL, E. M. R. do. Analisando a implementação de uma abordagem CTS na sala de aula de química. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 2, p. 383-399, 2011.
- GORDILLO, M. **El enfoque CTS em la enseñanza de la ciencia y la tecnología**. Asunción: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CNOCYT), 2007
- HAYNE L.A.; WYSE A. T. **Análise da evolução da tecnologia: uma contribuição para o ensino de ciências e tecnologia**. 2018. Disponível em <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/5947> Acessado em 13/09/2022
- HYGINO, C. et al. **Análise de um estudo de caso histórico produzido por professores ciências: Landell de Moura, as ondas de rádio e a fibra ótica**. 2018. Disponível em <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8837> Acessado em 13/09/2022
- LISBOA, J. C. **QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química**. 2015. Disponível em http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_especial_2/16-EEQ-100-15.pdf Acessado em 13/09/2022
- MARTINS, S. **O ensino de ciências/Química no contexto da Base Nacional Comum Curricular e da reforma do ensino médio**. 2020. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/216714> Acessado em 13/09/2022
- OLIVEIRA, L. **Percepções sobre ciência tecnologia e sociedade na formação inicial de professores de ciências da natureza: Limites e possibilidades de uma ação didático-formativa**. 2019. Disponível em

<https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/528/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Loryne%20Viana%20de%20Oliveira.pdf> Acessado em 13/09/2022

PRODANOV, C.C.; FREITAS E.C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa do Trabalho Acadêmico**. 2ª Edição. Nova Hamburgo: Universidade Feevale, 2013

SILVA, G. R.; ERROBIDART, N. C. G. **Termodinâmica e Revolução Industrial: Uma abordagem por meio da História Cultural da Ciência**. 2019 Disponível em <https://revistas.pucsp.br/hcensino/article/view/41758> Acessado em 11/03/2023

SANTOS, W. **Contextualização no Ensino de Ciências por Meio de Temas CTS em uma Perspectiva Crítica**. 2007. Disponível em https://www.academia.edu/27297895/Contextualiza%C3%A7%C3%A3o_no_ensino_de_ci%C3%A4ncias_por_meio_de_temas_CTS_em_uma_perspectiva_cr%C3%ADtica Acessado em 13/09/2022

SANTOS, W. L.; MORTIMER, E.F. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira**. 2002. Disponível em <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=129518326002> acessado em 13/09/2022

THOMPSON, E. P. **A formação da classe operária inglesa: a maldição de Adão**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987

WARTHA, E. J.; SILVA, E.; BEJARANO, N. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, maio 2013. Disponível em http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/04-CCD-151-12.pdf Acessado em 13/09/2022

APÊNDICE 1: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Esta atividade de pesquisa intitula-se de “UMA REVOLUÇÃO ALÉM DA INDÚSTRIA: uma abordagem ciência-tecnologia e sociedade (CTS) sobre estudo dos gases a partir do caso histórico revolução industrial”, está sendo desenvolvida pelo estudantes Fernando Antônio Guimarães de Holanda Junior, do Curso de Licenciatura em Química na Universidade Federal Rural de Pernambuco, sob a orientação da professora Ruth do Nascimento Firme.

O objetivo geral dessa pesquisa é (Analisar a implementação da abordagem CTS a partir do caso histórico: O conceito da máquina a vapor, uma revolução além da indústria.). A participação da EREM Sizenando Silveira é voluntária.

O estudo será realizado no ambiente escolar, na própria sala de aula, por meio de observação direta usando como instrumentos de coleta de dados as atividades realizadas durante a intervenção.

Por ocasião da publicação dos resultados, o nome da instituição, bem como dos/as professores/as pesquisados/as e estudantes serão mantidos em sigilo.

O pesquisador estará à disposição para qualquer esclarecimento que se considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Eu Marcia Thays Lopes Nogueira Diniz, Diretora Geral da EREM Sizenando Silveira, declaro que fui devidamente esclarecida e dou meu consentimento para a realização da pesquisa e para a publicação dos resultados.

A instituição é livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito da instituição, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

Estou ciente de que receberei uma cópia desse documento.

Recife - PE, 01 de março de 2023.

[Redacted]
Marcia Thays Lopes Nogueira Diniz
Gestora
Mat.: 253.501-7

Marcia Thays Lopes Nogueira Diniz – Diretora - EREM Sizenando Silveira

[Redacted]
Andressa Simeão Cavalcanti – Professora/Supervisora

[Redacted]
Fernando Antônio Guimarães de Holanda Junior – Estudante/Pesquisador – Tel (81 98750-5417)