

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**ÉVERTON FERNANDES MACHADO**

**A EMISSÃO DE POLUENTES ORIUNDOS DA QUEIMA DO CARVÃO  
MINERAL: UM ESTUDO DE CASO PARA O ENSINO DE QUÍMICA  
CONTEXTUALIZADO**

**Bagé  
2018**

**ÉVERTON FERNANDES MACHADO**

**A EMISSÃO DE POLUENTES ORIUNDOS DA QUEIMA DO CARVÃO  
MINERAL: UM ESTUDO DE CASO PARA O ENSINO DE QUÍMICA  
CONTEXTUALIZADO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de  
Licenciatura em Química da  
Universidade Federal do Pampa,  
como requisito parcial para obtenção  
do Título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Tales Leandro  
Costa Martins

**Bagé  
2018**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

M113e Machado, Éverton Fernandes  
A EMISSÃO DE POLUENTES ORIUNDOS DA QUEIMA DO CARVÃO MINERAL: UM ESTUDO DE CASO PARA O ENSINO DE QUÍMICA CONTEXTUALIZADO / Éverton Fernandes Machado.  
92 p.  
  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pampa, QUÍMICA, 2018.  
"Orientação: Tales Leandro Costa Martins".  
  
1. Estudo de Caso. 2. Carvão Mineral. 3. Dióxido de Enxofre. 4. Química ambiental I.  
Título.

**ÉVERTON FERNANDES MACHADO**

**A EMISSÃO DE POLUENTES ORIUNDOS DA QUEIMA DO CARVÃO  
MINERAL: UM ESTUDO DE CASO PARA O ENSINO DE QUÍMICA  
CONTEXTUALIZADO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de  
Licenciatura em Química da  
Universidade Federal do Pampa,  
como requisito parcial para obtenção  
do Título de Licenciado em Química.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 16 de julho de  
2018.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Tales Leandro Costa Martins  
Orientador - Unipampa

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Débora Simone Figueredo Gay  
Unipampa

---

Prof. Dr. Elenilson Freitas Alves  
Unipampa

## AGRADECIMENTO

Primeiramente, estendo meus agradecimentos a minha mãe Ana Regina, meu pai Paulo Roberto e minha irmã Ana Paula, obrigado pelo amor, carinho e compreensão, estendo meus agradecimentos também ao restante da minha família, que é a base para motivação e apoio nas horas mais difíceis, vocês são sinônimos de amor.

Agradeço a Deus que esteve presente em todos os momentos, sendo o meu refúgio e abrigo nos tempos de crise.

Agradeço a meu amigo e orientador, Tales Leandro Costa Martins, pela dedicação, compreensão e pelo exemplo de profissional e ser humano, que sempre está disposto a ajudar o próximo, e obrigado por acreditar no meu potencial.

Agradeço imensamente aos meus professores da UNIPAMPA por acreditarem no desenvolvimento dos seus alunos, por mediarem o conhecimento e provocar questionamentos e reflexões que me provocaram. Em especial aos meus professores Marcia Firme e Elenilson Alves. Obrigado por marcarem minha vida de uma forma tão bonita.

Agradeço a minhas amigas Chaiane, Daniela e Nicólli, que mesmo pela distância me proporcionaram momentos de alegria e amizade verdadeira.

Agradeço a essas pessoas por acreditarem em mim e por fazer eu ter um coração maior: Samara, Vinicius, Gabriela, Kamilla, Catiucia, Maeli e Mariane.

Agradeço a Unipampa por me proporcionar colegas que viraram amigos e me acompanharam ao longo de toda graduação e continuarão sendo exemplos pra mim: Geovana, Joseane, Guilherme, Maria, Roberto, Thainá, Daiana, Adriana, Romuel, Bianca, Uberdan, Kauana, Leticia, Miguel, Luana, Nathalia, Cândida, Caroline, Raquel, Okssana, Natieli, Carlos, Fabiano, Matheus, Ariane, Stéfany, Leilane, Jeanine, Djulya, Melissa, Marcelo.

Agradeço a Escola Silveira Martins do município de Bagé e a Escola Francisco Assis Rosa de Oliveira do município de Candiota pela oportunidade de desenvolver o presente projeto. Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste projeto.

“Eu acredito tanto na força do pensamento. Acho que quando a gente pensa e sente o bem ele acaba voltando. Em dobro, triplo, infinito.”

(Clarissa Corrêa)

## RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso descreve a aplicação de uma metodologia de resolução de estudo de caso, abordando a temática de química ambiental em sala de aula. Essa intervenção foi realizada na rede pública de ensino, em duas turmas de 2º ano do ensino médio das cidades de Bagé e Candiota, no Estado do Rio Grande do Sul. A atividade ocorreu por meio da aplicação de estudo de caso relacionada a questões sobre a emissão de poluentes oriundos da queima do carvão mineral da usina termelétrica Presidente Médici, com ênfase no poluente dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ). Trabalhamos com o uso de ferramentas que possibilitaram a construção de conhecimentos pelos alunos no processo de resolução do estudo de caso, como uso de questionários investigativos, experimentação, reportagens locais e apresentação de seminário. Sabemos o quanto é importante promover o uso de casos investigativos em sala de aula, que abordam temas sociais, culturais, econômicos e ambientais, os quais foram contemplados com o uso do nosso tema. Como resultados, acreditamos que a presente proposta metodológica contribuiu para o desenvolvimento nos alunos do posicionamento crítico, da tomada de consciência e da capacidade de integrar os conhecimentos científicos frente a problemas reais, favorecendo o processo de ensino aprendizagem.

Palavras-Chave: Estudo de caso; Carvão mineral; Dióxido de enxofre; Química ambiental.

## **ABSTRACT**

The following Completion of Course Work aims to describe an application of case study resolution methodology, approaching the issue of environmental chemistry in the class room. This intervention occurred in two classes of 2nd year of public high school in the cities of Bagé and Candiota, located in the state of Rio Grande do Sul. The activity occurred through the application of a case study related to questions about the emission of pollutants because of the burning of coal of a thermoelectric power plant present in the region, with emphasis on pollutant sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>). Our work used tools that have enabled the construction of knowledge by the students in the process of resolution of this case study, such as the use of investigative questionnaires, experimentation, local reporting and presentation of a seminar. We know that is very important to promote the use of investigative cases in the class room, bringing social, cultural, economic and environmental issues, which were covered with the use of our main issue. As a result, we believe that this methodological proposal has contributed to the development of a critical positioning in our students, awareness development and the ability to integrate scientific knowledge forward to real problems, favoring the teaching-learning process.

**Keywords:** case study; mineral coal; sulfur dioxide; Environmental Chemistry

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Sites com casos prontos .....                               | 19 |
| Figura 2. Estudo de caso “ameaça dos laranjais” .....                 | 21 |
| Figura 3. Usina de carvão mineral de Candiota .....                   | 26 |
| Figura 4. Estudo de caso: você sabe o que está respirando.....        | 29 |
| Figura 5. Principais poluentes citados.....                           | 37 |
| Figura 6. Pesquisa de visita a uma usina termelétrica (Candiota)..... | 39 |
| Figura 7. Pesquisa de visita a uma usina termelétrica (Bagé) .....    | 56 |
| Figura 8. Pesquisa sobre o impacto na qualidade do ar .....           | 57 |
| Figura 9. Queima do carvão mineral e problema ambientais .....        | 58 |
| Figura 10. Entendimento sobre o carvão e o dióxido de enxofre .....   | 59 |
| Figura 11. Fenômeno de inversão térmica .....                         | 79 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. Abordagem sobre poluição atmosférica (Candiota)..... | 36 |
| Tabela 2. Abordagem sobre poluição atmosférica (Bagé) .....    | 54 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CRM – Companhia Riograndense de Mineração

IBGE – Índice Brasileiro de Geografia e Estatística

OMS – Organização Mundial da Saúde

PBL – Problem Based Learning

PCN's – Parâmetros curriculares nacionais

RS – Rio Grande do Sul

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UTPM – Usina termelétrica Presidente Médici

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                      | <b>13</b> |
| <b>1.1 OBJETIVO GERAL .....</b>                                 | <b>16</b> |
| <b>1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>                          | <b>16</b> |
| <b>2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA .....</b>        | <b>17</b> |
| <b>2.1 ESTUDO DE CASO.....</b>                                  | <b>17</b> |
| <b>2.2 POLUIÇÃO DO AR .....</b>                                 | <b>22</b> |
| <b>2.3 DIÓXIDO DE ENXOFRE.....</b>                              | <b>22</b> |
| <b>2.4 CARVÃO MINERAL .....</b>                                 | <b>24</b> |
| <b>2.5 USINA TERMELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI (UTPM).....</b>     | <b>26</b> |
| <b>3. METODOLOGIA.....</b>                                      | <b>27</b> |
| <b>4. RESULTADOS .....</b>                                      | <b>35</b> |
| <b>4.1 ANÁLISE DE DADOS DO PRÉ-TESTE E DO PÓS-TESTE .....</b>   | <b>35</b> |
| <b>4.1.1 ANÁLISE DE DADOS (ICD PRÉ) – CANDIOTA/RS.....</b>      | <b>35</b> |
| <b>4.1.2 ANÁLISE DE DADOS (ICD PRÉ) – BAGÉ/RS .....</b>         | <b>52</b> |
| <b>4.1.3 COMPARAÇÃO ENTRE AS TURMAS DE BAGÉ E CANDIOTA.....</b> | <b>69</b> |
| <b>4.2 ANÁLISE DAS ATIVIDADES DO ESTUDO DE CASO.....</b>        | <b>71</b> |
| <b>4.2.1 COMPARAÇÕES DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....</b>      | <b>80</b> |
| <b>4.3 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE POR ESTUDO DE CASO .....</b>      | <b>82</b> |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                             | <b>85</b> |
| <b>6. REFERÊNCIAS .....</b>                                     | <b>87</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a ideia da adoção de novas metodologias a serem empregadas no ensino de química vem crescendo de forma significativa, e junto com essas metodologias, destaca-se o papel do aluno como fundamental no processo de ensino-aprendizagem.

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais (BRASIL, 2010). Para os Cursos de Química sugerem que o ensino deve “ênfatizar questões como globalização, ética, treinamento em equipe interdisciplinar, necessidade de atualização e ampliação constantes dos conhecimentos, incluindo aspectos regionais.”

A abordagem da temática ambiental em aulas de Química no ensino médio contribui para o desenvolvimento de valores, comportamentos e atitudes nos alunos, favorecendo o senso crítico, ampliando a consciência de como suas ações impactam sua vida e para a vida de uma sociedade inteira, hoje e no futuro.

Abordada sobre este enfoque, a educação também favorece o entendimento dos conceitos de Química, uma vez que estes estarão associados a eventos que ocorrem na vida cotidiana do aluno. Esta associação da Química com o cotidiano já é uma prática amplamente realizada por docentes. Há vários materiais de apoio, como livros didáticos, que enfocam fortemente a questão da contextualização (OLIVEIRA, 2016).

Segundo os PCN's (2000, p. 26) a associação de temas “atuais” com o ensino de Química pode ser vista como questões que fazem parte de “processos que estão sendo intensamente vividos pela sociedade, pelas comunidades, pelas famílias, pelos alunos e educadores em seu cotidiano”. O professor precisa trazer para a sala de aula temas que ocorrem no dia-a-dia, deve estar atualizado com assuntos relacionados com o meio ambiente, associando-os com os conteúdos de Química abordados, podendo assim formar cidadãos conscientes dos seus direitos, deveres e responsabilidades.

A abordagem de aspectos sociocientíficos, no contexto da educação para a cidadania, pode ser realizada por meio de estratégias de ensino que

desenvolvam a participação ou a capacidade de tomada de decisão, tais como: discussão estruturada, fóruns e debates, projetos, pesquisa de campo, ações comunitárias, estudo de casos, dentre outras. Tais atividades “propiciam ao aluno compreender problemas locais, levando em conta vários fatores envolvidos (econômicos, ambientais, sociais, políticos etc.), para se tomar alguma decisão.” (SANTOS E SCHNETZLER, 2003, p. 112).

Pesquisas de natureza qualitativa envolvem uma grande variedade de materiais empíricos, que podem ser estudos de caso, experiências pessoais, histórias de vida, relatos de introspecções, produções e artefatos culturais, interações, enfim, materiais que descrevam a rotina e os significados da vida humana em grupos. Esta abordagem qualitativa tem sido apresentada como *soft science*, principalmente por aqueles que adotam posições positivistas, assumindo que a realidade social seja estável e imutável, o que a tornaria candidata a estudos de natureza quantitativa que ofereceriam maiores oportunidades para explicação e generalização de resultados (DENZIN e LINCOLN, 2000).

Pesquisas na área de educação em ciências mostram sua potencialidade na promoção de um ensino que vise o desenvolvimento de conteúdos não somente informativos, mas também formativos nos cursos de graduação. Ocorrendo essa potencialidade multidisciplinar, surge em meados dos anos 80 uma metodologia desenvolvida com o intuito de possibilitar aos alunos o contato com problemas reais e partir desses mesmos, desenvolver soluções de modo a compreender os fatos, valores e contextos nele presentes (SÁ e COOLS, 2007).

Contemplando tais aspectos, o método de estudo de casos consiste na utilização de narrativas – os casos propriamente ditos – sobre dilemas vivenciados por indivíduos que necessitam tomar decisões ou buscar soluções para os problemas enfrentados. Conforme (SÁ e COLS 2007), nesse “método o aluno é incentivado a se familiarizar com personagens e circunstâncias mencionados em um caso, de modo a compreender os fatos, valores e contextos nele presentes com o intuito de solucioná-lo.”

De acordo com a ideia de desenvolvimento sustentável, a poluição ambiental destaca-se como um dos principais aspectos a ser discutido por pesquisadores, entidades governamentais e pela sociedade em geral

(HORGNIES et. al., 2012). Nos últimos anos uma série de problemas no que diz respeito a qualidade ambiental vem surgindo na sociedade moderna, e com isso, levantando várias questões na qual precisam ser discutidas e analisadas, sendo assim motivo de preocupação global.

Estudos epidemiológicos revelam uma associação entre a poluição do ar e o alto nível de mortalidade por doenças respiratórias e câncer de pulmão (PAN et. al., 2010). Estudos controlados indicam mudanças na função pulmonar e sintomas respiratórios após períodos curtos de exposição ao SO<sub>2</sub>. Com base nesta evidência, recomenda-se que uma concentração de SO<sub>2</sub> de 500 µg/m<sup>3</sup> não deve ser excedida durante uma média de períodos de 10 minutos de duração. Já para exposições em longo prazo, a indicação fica entorno de 20 µg/m<sup>3</sup> em uma média de 24 horas (XIAOLIN et. al., 2009).

O enxofre é considerado um metal pesado, presente na vida de qualquer ser humano, pois auxilia em algumas funções, tal como na produção de vitaminas, proteínas e também na coagulação do sangue, porém, em grandes quantidades na natureza altera o sistema nervoso dos organismos. O enxofre se torna um poluente quando em combustão assim formando “dióxido de enxofre” e o “trióxido de enxofre”, substâncias que ao entrar em contato com o vapor da água, forma o ácido sulfúrico e sulforoso que na precipitação forma a chuva ácida (BRAGA, 2005).

O dióxido de enxofre pode ser encontrado na queima de carvão mineral presentes em usinas termelétricas. Ao queimarmos o carvão, parte dos elementos se volatiliza e sai para a atmosfera junto com parte da matéria inorgânica liberada sob a forma de finas partículas de pó (cinzas volantes). Atualmente, as emissões de compostos de enxofre são as que mais problemas têm trazido para as termelétricas.

Nesse Projeto de Pesquisa, propomos desenvolver uma pesquisa que relaciona os temas acima expostos, desenvolvendo-os no contexto do ensino médio de química.

### **1.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver uma atividade utilizando a metodologia de resolução de estudos de caso, abordando a temática química ambiental em sala de aula, relacionada a questões sobre a emissão de poluentes oriundos da queima do carvão mineral, com ênfase ao dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>).

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar, questionar e problematizar os conhecimentos prévios dos alunos quanto à temática do uso de carvão mineral e seus poluentes;
- Confecção de material relacionado ao tema e a abordagem por Resolução de Estudo de Caso (confecção do Estudo de Caso);
- Avaliar se a atividade proposta favorece o desenvolvimento de posicionamento crítico e tomada de consciência do aluno e de como suas ações podem impactar na prática ambiental.

## 2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ESTUDO DE CASO

O método de estudos de casos é uma das variantes do método de Aprendizagem Baseada em Problemas também conhecido como Problem Based Learning (PBL). O PBL teve origem na Escola de Medicina da Universidade de McMaster no Canadá no final dos anos de 1960. Este método foi desenvolvido com o intuito de colocar os alunos em contato com problemas reais e do cotidiano, com o principal propósito de estimular o desenvolvimento do pensamento crítico, a habilidade de resolução de problemas e a aprendizagem de conceitos da área em questão. Ele possui a característica de enfatizar o aprendizado autodirigido, interiorizado no estudante, que passa a ser o principal responsável por seu aprendizado.

Como muitas variantes do PBL, o estudo de casos é um método que oportuniza os estudantes a pensar e refletir sua própria aprendizagem e investigar aspectos científicos e sociocientíficos, presentes em situações reais ou simuladas. A utilização de narrativas se faz necessário, pois aborda dilemas vivenciados por pessoas que necessitam tomar decisões importantes a respeito de uma determinada questão. Tais narrativas são chamadas de casos.

Na maioria das variações existentes do método PBL, os estudantes cumprem algumas etapas:

- Identificar e definir o problema;
- Acessar, avaliar e usar informações necessárias a solução de problemas;
- Apresentar a solução do problema.

O professor, por sua vez, tem o papel de ajudar o estudante a analisar o problema, buscar informações sobre o assunto, considerar suas possíveis soluções e, sobretudo, incentivar a reflexão sobre as consequências das decisões tomadas (SÁ e QUEIROZ, 2009).

No contexto do ensino de química, Sá e Queiroz (2009) identificaram diversas iniciativas sobre a utilização do método de estudo de casos no ensino superior em revistas como o *Journal of Chemical Education*, *The Chemical Educator*, *Chemistry Education Research and Practice*. Os principais objetivos educacionais almejados com a aplicação de tais propostas foram: introduzir conteúdos específicos; estimular a capacidade de tomada de decisão; demonstrar a aplicação de conceitos químicos na prática; desenvolver a habilidade em resolver problemas; desenvolver a habilidade de comunicação oral e escrita; desenvolver a habilidade de trabalho em grupo; desenvolver o pensamento crítico.

No Figura 1 alguns sites que disponibilizam casos “prontos”, os quais podem ser utilizados no ensino de química, entre eles destacam-se os da Universidade de Delaware e da Universidade de Búfalo, que trazem vários casos. No Brasil, até onde sabemos, apenas um site disponibiliza casos “prontos”.

**Figura 1.** Sites com casos prontos**Sites:**

*National Center for Case Study Teaching in Science:* apresenta uma série de casos relacionados a distintas áreas do conhecimento como: química, física, engenharia, matemática, ciências da computação. Cada um dos casos é acompanhado de notas didáticas que visam favorecer a compreensão dos docentes a respeito de empregá-los em suas respectivas áreas (<http://ublib.buffalo.edu/libraries/projects/cases/case.html>).

*University of Delaware PBL Clearinghouse:* apresenta uma coleção de problemas/casos e artigos direcionados a professores interessados em usá-los como base para o processo de ensino-aprendizagem. Notas e materiais complementares acompanham cada problema/caso. O acesso à coleção é limitado a educadores, que precisam estar registrados no site. O registro é gratuito (<http://chico.nss.udel.edu/Pbl/>).

*ChemCases: Case-Study General Chemistry Curriculum Supplements:* apresenta casos elaborados para serem usados em disciplinas de química geral. Eles podem ser consultados on-line, juntamente com recomendações para a sua integração às disciplinas (<http://chemcases.com/>).

*Environmental Science Case Studies from Lancaster University:* apresenta casos em ciência ambiental, química ambiental, poluição, gestão ambiental, ecologia e ciências geofísicas (<http://www.es.lancs.ac.uk/casestud/>).

*Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de São Carlos:* apresenta casos de caráter sociocientífico para o ensino de química e áreas afins (<http://www.iqsc.usp.br/pesquisa/ensinoquimica/>).

**Fonte:** Sá e Queiroz (2009)

## PRODUÇÃO DE CASOS E ESTRATÉGIAS:

Para que estratégias de ensino pautadas no método de estudo de casos possam ser utilizadas é necessário que o professor tenha acesso a casos “prontos” ou que ele mesmo produza os casos que serão usados pelos alunos. No entendimento de Herreid (1998a) os seguintes aspectos devem ser considerados para a elaboração de um “bom caso”:

- **deve ter utilidade pedagógica** – deve ser útil para o curso e para os estudantes;

- **é relevante ao leitor** – os casos escolhidos devem envolver situações que possivelmente os estudantes saibam enfrentar. Isso melhora o fator empatia e faz do caso algo que vale a pena estudar;
- **desperta interesse pela questão** – para que um caso pareça real, deve descrever um drama, um suspense. O caso deve ter uma questão a ser resolvida;
- **deve ser atual** – deve tratar de questões atuais, que levem o estudante a perceber que o problema é importante;
- **é curto** – os casos devem ser suficientemente longos para introduzir um fato, mas não tão longos que possam provocar uma análise tediosa;
- **provoca um conflito** – a maioria dos casos é fundamentada sobre algo controverso;
- **cria empatia com os personagens centrais** – as características escolhidas para os personagens devem influenciar na tomada de decisões;
- **força uma decisão** – deve haver urgência e seriedade envolvida na solução dos casos;
- **tem generalizações** – deve ter aplicabilidade geral e não ser específico para uma curiosidade apenas;
- **narra uma história** – com desfecho no seu final;
- **inclui citações** – é a melhor maneira de compreender uma situação e ganhar empatia para com os personagens. Deve-se adicionar vida e drama a todas as citações.

Como exemplo de um bom caso, destacamos no quadro a seguir um caso intitulado Ameaça nos Laranjais (SÁ, 2006), tendo como base as estratégias na qual foi citada anteriormente, destacamos alguns elementos fundamentais para que um caso seja desejável e aplicado, visto que diversas fontes podem ser usadas para a produção de casos, seja artigos de divulgação científica, artigos originais de pesquisa ou até mesmo filmes comerciais. Abaixo enumeramos as observações contidas na figura 2.

- (1) Um bom caso deve ser atual;
- (2) Um bom caso é relevante ao leitor e desperta interesse pela questão;
- (3) Um bom caso inclui citações;
- (4) Um bom caso força uma decisão;
- (5) Um bom caso provoca conflito;
- (6) Um bom caso deve ter utilidade pedagógica;
- (7) Um bom caso produz empatia com os personagens centrais;
- (8) Um bom caso é curto.

**Figura 2.** Estudo de caso “ameaça nos laranjais.”

**AMEAÇA NOS LARANJAIS**  
Um bom caso narra uma história

Aproximadamente há três anos (1), em laranjais do município mineiro de Comendador Gomes, a poucos quilômetros da divisa com São Paulo, foi identificada pela primeira vez uma estranha doença, de origem misteriosa, que aniquila uma laranjeira em algumas semanas e, atualmente, representa a maior ameaça para a citricultura do estado de São Paulo e do sul de Minas Gerais (2).

Alfredo sempre morou e estudou em Barretos, onde concluiu o ensino médio juntamente com alguns amigos de infância. Depois de tantos anos estudando juntos, finalmente a separação foi inevitável. Alfredo prestou vestibular para odontologia na UNESP de Araraquara e George para letras, na mesma universidade. Fernando, Solange, Fabiana e Milena optaram por química na USP de São Carlos.

Ao visitar a família no feriado, Alfredo tomou conhecimento de coisas estranhas que ocorriam por lá. Logo ao amanhecer, ao tomar café, seus pais, Seu Joaquim e Dona Cecília, lhe contaram o que está acontecendo.

- Filho, os laranjais das nossas terras estão com uma misteriosa doença, perderam as folhas, que estão ficando sem brilho e algumas até já morreram (3). Estamos preocupados porque necessitamos da renda que vem desses laranjais, inclusive para manter você na universidade.

- Pai, eu não entendo nada de agricultura, mas posso pedir ajuda aos meus colegas que estão morando em São Carlos. Eles estudam química e talvez possam nos ajudar a eliminar o problema que afeta os laranjais (4). Eles não vieram para casa nesse feriado, e ainda estão sem telefone, mas posso escrever uma carta e contar a eles o nosso problema.

Barretos, 07 de setembro de 2004.  
Olá. Queridos amigos  
Como é grande a saudade que sinto de vocês! Não nos vemos há muito tempo. Achei que vocês voltariam para casa nesse feriado.

Eu preciso de ajuda. Os nossos laranjais estão com uma misteriosa doença. As folhas perdem o brilho, acabam por cair, algumas árvores já até morreram (5). Parece que isso também tem acontecido em outras regiões por aqui por perto.

Gostaria que vocês nos aconselhassem sobre o que devemos fazer, pois acredito que na área da química existam pesquisas sobre esse assunto (6).

Espero reencontrá-los em breve,  
Alfredo.

**Vocês são esses amigos de infância do Alfredo, e terão que ajudá-lo a descobrir o que está acontecendo nos pomares de laranja e propor soluções para o problema (7).**

(8)

## **2.2 Poluição do ar:**

O termo “poluição do ar” geralmente se refere a substâncias que, em escalas local e regional, afetam diretamente os animais, as plantas, as pessoas e seus objetos. O fenômeno não é novo. Há séculos existe queixas sobre a qualidade do ar, principalmente nos centros urbanos. Mas a expansão continuada da população e da civilização industrial mudou a natureza da poluição do ar. Os efeitos amplamente disseminados das emissões são cada vez mais evidentes e a necessidade de controlá-los influencia um maior grau de desenvolvimento da tecnologia, principalmente nos setores de energia e transportes.

Os veículos automotores e as atividades industriais estão ligados diretamente a problemas ambientais e de saúde pública, uma vez que as emissões veiculares, juntamente com as emissões de fontes estacionárias, são as principais responsáveis pela presença dos mais variados compostos na atmosfera. Dentre os poluentes que apresentam maior importância na química da baixa troposfera, podemos citar: o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), o ozônio (O<sub>3</sub>), a fumaça e os materiais particulados (MP), representados pelas partículas inaláveis (MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>) e pelas partículas em suspensão (BRAGA, 2005).

## **2.3 Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>):**

Muitos países têm experimentado um rápido desenvolvimento econômico e urbano nas últimas décadas, alterando os níveis de SO<sub>2</sub> em suas grandes cidades (PAN et. al., 2010). O enxofre presente na atmosfera, tanto na forma de gases quanto na forma de aerossóis, causa um grande impacto no meio ambiente. Possíveis alterações climáticas, bem como danos à saúde de vários organismos podem estar associados à elevada concentração de tal poluente (EISINGER e BURROWS, 1998), (YANG et. al., 2009) e (KROTKOV et. al., 2006).

Vários estudos têm mostrado a correlação entre concentração de SO<sub>2</sub> e os parâmetros meteorológicos (LUVSANA et. al., 2012), (AKPINAR et. al., 2008), (BRIDGMAN et. al., 2002), (ILIC et. al., 2010) e (WANG et. al., 2011). O

dióxido de enxofre entra na atmosfera através de uma série de atividades antrópicas e fenômenos naturais. Grandes quantidades são lançadas diretamente na troposfera, resultado da queima de combustíveis fósseis, e em certa medida pela oxidação da matéria orgânica no solo, pela oxidação de  $\text{H}_2\text{S}$  sobre oceanos, pelas erupções vulcânicas e pela queima de biomassa (EISINGER e BURROWS, 1998).

O dióxido de enxofre possui uma alta reatividade com os outros poluentes da atmosfera (WANG et. al., 2002). Além disso, o  $\text{SO}_2$  é um dos principais precursores da chuva ácida (INOMATA et. al., 2006) e também pode ser considerado como um grande gerador de outras formas poluentes.

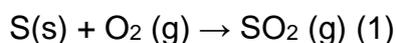
Segundo Kulmala et al. (2004), o gás  $\text{SO}_2$  é o principal precursor de novas partículas na atmosfera aumentando a exposição humana a partículas ultrafinas. O  $\text{SO}_2$  ao ser oxidado na atmosfera forma o aerossol de sulfato, um dos principais componentes das partículas finas em suspensão (VERHEGGEN et. al., 2002).

Há muitas incertezas com relação às fontes, reações e destino das espécies de enxofre na atmosfera. Os compostos de enxofre entram na atmosfera em grande parte através da atividade humana, principalmente na forma de  $\text{SO}_2$ . As principais fontes antropogênicas de emissão deste gás são a queima de combustíveis fósseis e as atividades industriais, tais como o refino do petróleo, indústria de cimento, metalurgia, enquanto que a atividade vulcânica é a principal fonte responsável pelas emissões naturais de  $\text{SO}_2$ . A queima da biomassa também tem sido considerada uma importante fonte de enxofre atmosférico em regiões continentais, especialmente nos trópicos.

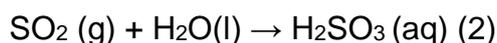
As principais fontes de emissões antropogênicas de dióxido de enxofre nos últimos anos se dá pela combustão de carvão de fonte estacionária e fundição de metais ferrosos e não-ferrosos, principalmente o cobre. O teor de enxofre no petróleo refinado é geralmente bem baixo, mas o teor de enxofre no carvão é bastante alto. O enxofre no carvão se converte em dióxido de enxofre sob as altas temperaturas da combustão. O dióxido de enxofre em si é irritante ao pulmão e sabidamente prejudicial às pessoas que sofrem de doença respiratória.

As principais reações de formação do  $\text{SO}_2$  e de seu poluente secundário ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) são as seguintes:

Quando se queima um combustível que contém enxofre, forma-se o gás dióxido de enxofre, que é emitido junto com os outros gases de exaustão. Embora o enxofre se apresente na forma de diferentes compostos, a reação pode ser representada pela seguinte equação geral:



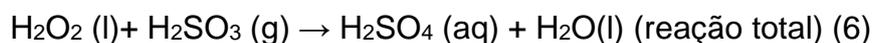
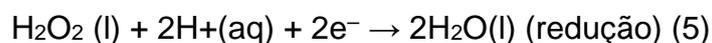
Como o gás dióxido de enxofre é solúvel em água, ele pode ser incorporado às gotículas de água que formam as nuvens, formando o ácido sulfuroso.



Outras substâncias (R) presentes na atmosfera podem também ser incorporadas às gotículas de água das nuvens e oxidar ou servir como catalisador para a reação de oxidação do ácido sulfuroso a ácido sulfúrico.



A água oxigenada é um dos principais oxidantes que existe na atmosfera e participa da formação do ácido sulfúrico. A reação pode ser representada pelas seguintes etapas:



Este é um dos caminhos conhecidos para a formação da “chuva ácida”, resultado final do processo que ocorre quando as gotículas das nuvens se juntam e formam gotas pesadas o suficiente para cair como chuva.

## 2.4 Carvão Mineral:

O carvão mineral é uma rocha sedimentar combustível, formada a partir de determinados vegetais que sofreram soterramento em bacias originalmente pouco profundas. Fatores como a pressão, a temperatura, a tectônica e o seu tempo de atuação, determinaram a carbonificação gradativa da matéria vegetal

original, que sofreu modificações significativas com a perda de O<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e enriquecimento em carbono (DNPM, 2001).

A queima de carvão mineral nas usinas termelétricas produz resíduos classificados como escórias, cinzas de fundo (pesadas) e cinzas volantes (leves) (ROHDE e outros, 2006). A intensificação do uso da matéria-prima energética tende a aumentar o problema de gestão destes resíduos gerados em várias partes do mundo e que constituem problemas ambientais (BASU e outros, 2009).

O carvão pode ser utilizado em diversos fins, tais como: fabricação do coque; indústria carboquímica e petroquímica, farmacêutica, de celulose, de cimento, geração de energia, entre outros, sendo que no Rio Grande do Sul é mais utilizado nesse último propósito.

Dentre as reservas de carvão do Brasil (~32 bilhões de toneladas), a mais importante é a jazida de Candiota, situada na Borda Sul do Paraná, por possuir cerca de 12 bilhões de toneladas, contribuindo com 37,9% no total das reservas nacionais, e sendo também o maior jazimento do gênero da América Latina (BRASIL, 1996).

As minas de carvão em atividade no Rio Grande do Sul, são a Recreio, Butiá-leste, Leão e Candiota, sendo esta última explorada pela Companhia Riograndense de Mineração (CRM) e, devido ao potencial do jazimento a ser explorado, ao baixo rank de seu carvão e tipo de extração (a céu aberto, por baixo custo por tonelada).

Entretanto, sabe-se que as etapas de extração e beneficiamento do carvão, bem como a sua combustão, são acompanhadas de grande risco ambiental em decorrência da grande quantidade de cinza produzida, emissão de efluentes sólidos, líquidos e gasosos, gases ácidos e particulados finos produzidos entre outros (ZANELLA, 1988).

O material particulado emitido através da queima do carvão mineral está associado principalmente a problemas de saúde, devido às partículas serem inaladas facilmente pelo organismo. Essas partículas se depositam na atmosfera e agravam problemas respiratórios como asma e bronquite, principalmente em pessoas com problemas já existentes (MONTEIRO, 2004 p. 25).

Segundo Junior, Roméro, Bruna (2004 p. 128), os principais problemas de saúde relacionados com as emissões de poluentes são problemas oftalmológicos, doenças dermatológicas, gastrointestinais, cardiovasculares e pulmonares, além de alguns tipos de câncer e efeitos sobre o sistema nervoso. A exposição humana pode ser através da inalação, ingestão ou contato pela pele, mas a via mais vulnerável é através da inalação. Causam também impacto indireto, através do aumento na temperatura afetando a fauna e a flora, influenciando na distribuição de doenças transmitidas por vetores.

### **2.5 Usina Termelétrica Presidente Médici – UTPM:**

Usina Termelétrica Presidente Médici - UTPM - Candiota II, do tipo térmica a vapor A, está localizada no município de Candiota/RS, distante 400 quilômetros de Porto Alegre e aproximadamente 50 quilômetros de Bagé. Sua capacidade instalada é e aproximadamente 796 MW. A população estimada da cidade está em torno de 8771 habitantes (IBGE, 2010). A base econômica da cidade é a extração de carvão mineral e geração de energia elétrica.

**Figura 3.** Usina de carvão mineral de Candiota – Rio Grande do Sul



**Fonte:** banco de imagens da Companhia de Geração Técnica de Energia Elétrica (CGTEE)

### 3. METODOLOGIA

No contexto metodológico, esse trabalho utiliza como estratégia de ensino a elaboração de estudos de casos voltados para o ensino de química, com ênfase na emissão de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). Nesta perspectiva, essa pesquisa discute a motivação e a aceitação dos alunos quando estamos discutindo cidadania e sustentabilidade, assim buscando desenvolver uma série de habilidades e competências necessárias ao exercício e à tomada de consciência e/ou de decisão frente a problemas reais.

O Estudo de Caso conforme descrito no referencial teórico, representa uma metodologia que oferece aos estudantes a oportunidade de direcionar sua própria aprendizagem e investigar aspectos científicos e sociocientíficos, presentes em situações reais ou simuladas, de complexidade variável. Esse método consiste na utilização de narrativas sobre dilemas vivenciados por pessoas que necessitam tomar decisões importantes a respeito de determinadas questões. Tais narrativas são chamadas casos (SÁ e QUEIROZ, 2009:12).

No estudo de caso proposto, aplicamos o método em duas (02) turmas de aproximadamente 15 alunos do 2º ano do ensino médio de escolas públicas estaduais, situadas em duas cidades da região da campanha (Bagé e Candiota) do estado do Rio Grande do Sul. Participaram do estudo, em todas as etapas, um total de 30 alunos respondentes, sendo 15 da Escola Estadual Francisco Assis Rosa de Oliveira em Candiota e 15 da Escola Silveira Martins em Bagé. A proposta foi elaborada e posteriormente executada em um período de 8 semanas, durante aproximadamente 8 encontros da disciplina de química. A seguir apresentamos a descrição das atividades propostas.

No **primeiro dia** de desenvolvimento das atividades, aplicamos um questionário a fim de realizarmos um levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema poluição atmosférica. Como instrumento de coleta de dados para esta sondagem utilizaremos um questionário (BODGAN e BILKEN, 1994), composto de perguntas discursivas:

- 1 – O que você entende por poluição atmosférica?
- 2 – Você sabe quais os principais poluentes presentes no ar atmosférico?
- 3 – Como a poluição do ar pode afetar a saúde das pessoas?
- 4 – Já teve algum contato com uma usina termelétrica?
- 5 – Você acredita que uma usina termelétrica pode causar algum impacto na qualidade do ar?
- 6 - Na sua opinião a queima do carvão mineral, pode acarretar em problemas ambientais?
- 7– O que você sabe sobre o carvão e o composto dióxido de enxofre?
- 8 – O que seria necessário para reduzir esse impacto?

Ainda no primeiro dia de aula, os alunos foram informados sobre a aplicação do projeto (Estudo de caso), onde neste período desenvolveu-se: com o trabalho com casos investigativos; com atividades de experimentação; e com a preparação, em grupo, de uma apresentação oral.

Após análise dos resultados, o instrumento de sondagem foi usado para encaminhar as próximas atividades do estudo de caso, que foi intitulada como “Você sabe o que está respirando.” Tais dados foram utilizados em uma ação problematizadora que questione os alunos quanto ao tema.

Na **segunda aula**, foram formados grupos que receberam o material do Estudo de Caso. A seguir, apresentamos o texto confeccionado para este projeto, onde destacamos algumas das características da confecção conforme Herreid (1998), tais características buscaram-se contemplar nessa produção.

## ESTUDO DE CASO (O CASO EM ESTUDO):

**Figura 4.** Estudo de caso: você sabe o que está respirando.

### **Você sabe o que está respirando?**

O Sr. Gustavo possui uma propriedade rural, no município de Candiota-RS, e durante os últimos meses tem enfrentado sérios problemas com a aparição de cinzas, na qual atingiu toda a propriedade rural, causando efeitos preocupantes na lavoura onde é a principal renda para família como também no desenvolvimento de problemas respiratórios.

Preocupado com a situação, recorre a um sobrinho Pedro, estudante de Licenciatura em Química na Universidade Federal do Pampa, para pedir ajuda.

Resolveu-se comunicar com o sobrinho pelo seguinte e-mail.

Set/2017

Olá, Pedro.

Como andam as coisas por aí? Descobri pelo seu pai, que começou a cursar uma graduação na Federal na área de química. Fiquei muito feliz com essa notícia.

Estou escrevendo essa mensagem para pedir-lhe ajuda. Nos últimos meses, está ocorrendo episódios constante de acúmulo de cinzas em volta da minha propriedade, causando problemas para a plantação e a saúde também. A presença dessas cinzas, está causando doenças dermatológicas na família, minha esposa foi parar no hospital com problemas respiratórios e cardiovasculares. Verificou-se o amarelamento das folhas das plantas e algumas até perdendo certas propriedades, ocasionando assim também perdas significativas. Ocorreram reclamações de outros vizinhos sobre o aparecimento desses resíduos em suas propriedades. Sei que você é habilidoso em investigar e que está envolvido com pesquisas em química, assim gostando de abordar sobre esses assuntos, resolvi escrever para pedir esclarecimento sobre as possíveis causas da aparição dessas cinzas, de onde está surgindo, e sugestões de como devemos proceder e solucionar isso, visto que está atingindo muitas propriedades em torno da nossa localidade. Conto com sua ajuda.

Abraços, Gustavo.

Suponha que vocês sejam esse sobrinho do Sr. Gustavo e tenham que esclarecer o que possivelmente esteja acontecendo e a propor soluções para os casos.

De acordo com a classificação dos casos quanto à identificação do problema (SÁ, 2010), este é considerado mal-estruturado, quando o problema principal a ser solucionado não está definido de maneira explícita no texto, sendo necessário que o aluno primeiramente o identifique para então buscar alternativas para resolvê-lo e decidir pela que considera mais adequada. Esse tipo de caso (nomeado *mal-estruturado*) estimula a análise comparativa das possíveis causas do problema, requer a avaliação cuidadosa de afirmações e de evidências e, exige do aluno a necessidade de considerar pontos de vista distintos.

Ainda nesse encontro, foi explicado o objetivo da atividade e que para poder resolvê-la será necessária a realização de uma pesquisa bibliográfica. A fim de auxiliar os estudantes nesta etapa, foram fornecidas informações sobre algumas fontes de pesquisa, tais como: livros, textos de divulgação científica, revistas científicas e materiais eletrônicos.

Como modo de iniciar o desenvolvimento de pesquisa, foi levado aos estudantes algumas reportagens locais, relacionadas com o tema proposto para a elaboração de ideias e questionamentos sobre situações acarretadas pela emissão do poluente dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), onde os mesmos irão ser confrontados sobre situações na qual estão presentes no dia-a-dia. Com respaldo nesses comentários, vindos, corroboramos com a ideia de Cachapuz e colaboradores (2011) quando finalizam essa discussão e propõem que é nos problemas que encontramos

...uma das principais fontes de motivação intrínseca, que deve ser estimulada no sentido de se criar nos alunos um clima de verdadeiro desafio intelectual, um ambiente de aprendizagem de que as nossas aulas de Ciências são hoje tão carentes (CACHAPUZ et al., 2011: 76).

Na **terceira aula** foi abordado aspectos relacionados ao estudo de caso, visto que os estudantes necessitaram de um embasamento para a resolução de possíveis maneiras de solucionar o caso proposto na aula anterior. Nesse encontro foi trabalhado conceitos científicos sobre poluição atmosférica associados aos conhecimentos que os alunos possuem sobre a Usina Termelétrica de Candiota, assim fazendo com que o conhecimento prévio dos

estudantes seja mobilizado para interagir com o conhecimento científico, tornando a aprendizagem mais significativa.

Ausubel (1982) em sua teoria da aprendizagem defende a valorização dos conhecimentos prévios dos alunos possibilitando a construção de estruturas mentais por meio da utilização de mapas conceituais que abrem um leque de possibilidades para descoberta e redescoberta de outros conhecimentos, viabilizando uma aprendizagem que dê prazer a quem ensina e a quem aprende e, que também tenha eficácia. A aprendizagem torna-se mais significativa à proporção que o conteúdo apresentado incorpora-se ao conhecimento prévio de um aluno adquirindo significado para ele, incorporando a atribuição do significado, por interagir com conceitos relevantes pré-existentes na estrutura cognitiva.

Na **quarta aula** foi realizada uma atividade experimental, com ênfase na emissão do dióxido de enxofre, nos ajudando na compreensão do conteúdo de poluição atmosférica e na resolução do Estudo de caso. Segundo Giordan (1999) relata que a experimentação desperta um forte interesse entre os alunos, que atribuem a esta um caráter motivador, lúdico e essencialmente vinculado aos sentidos. O gás dióxido de enxofre é um dos principais poluentes atmosféricos que afeta a vida do homem. Sua presença na atmosfera resulta em danos aos vegetais, aos corpos hídricos superficiais, aos bens artísticos e arquitetônicos e à saúde dos seres vivos como foi abordado em nosso referencial teórico.

O experimento desenvolvido, foi baseado em um roteiro elaborado por Cardoso e Franco (2002). Essa prática consiste em demonstrar as principais reações que ocorrem a partir da queima do enxofre. Utilizamos materiais de fácil manuseio como fio de cobre enrolado em um lápis, frasco de vidro, solução de água oxigenada e uma pétala de flor para observarmos que o fenômeno de chuva causa danos para o meio ambiente.

Novamente orientações sobre fontes de pesquisa foram fornecidas, para que ainda nas próximas aulas, os estudantes tragam todo o material encontrado que for útil na discussão do caso e na busca conjunta da sua solução. Assim, buscando favorecer o bom andamento das atividades e facilitar o processo de busca coletiva por possíveis alternativas de solução e de tomada de decisão sobre aquela que deveria ser adotada.

A capacidade de buscar informações que estejam diretamente vinculadas aos problemas sociais que afetam direta ou indiretamente o indivíduo é uma competência essencial na formação do educando para o exercício da cidadania. Conforme Santos e Schnetzler (2003), para que o indivíduo possa efetivar sua participação na sociedade e posicionar-se quanto ao encaminhamento das soluções para os problemas que a afetam, é necessário que disponha de alguns conhecimentos técnicos relacionados ao assunto em questão.

O **quinto encontro** foi desenvolvido com base nos conhecimentos químicos trabalhados na atividade experimental e nos conteúdos programáticos relacionados ao tema.

No **sexto** e **sétimo encontro** ocorreu a apresentação oral (em grupo) sobre a proposição de solução do caso para a turma, visando o resultado da pesquisa realizada durante as aulas anteriores. Diante disso, os estudantes deverão também entregar um relatório descrevendo as possíveis soluções do caso para o professor.

Para análise de resultados da apresentação do caso proposto, foram utilizados alguns recursos multimídias, como a gravação das aulas por meio de uma filmadora, como também pelo material impresso após apresentação. Com estes dados pode-se analisar o desenvolvimento das argumentações sobre o tema pelos estudantes.

A importância da argumentação nos processos de ensino-aprendizagem em geral, e na educação em ciências, já é bastante reconhecida. Nesse trabalho utilizamos em parte a identificação da presença dos componentes do Modelo de Toulmin, a saber, evidência, afirmação e justificativa (TOULMIN, 2006 *apud* MUNFORD e TELES, 2015).

Em 1958, Toulmin introduziu o conceito de campos de argumento, e propôs uma estrutura que contém como principais, as seguintes componentes interrelacionados para a análise de argumentos: a alegação, os dados e as garantias. A alegação são conclusões (evidência) cujo mérito deve ainda ser estabelecido. Os dados são os fatos (conhecimentos) que servem como uma base para a (afirmação) alegação e a garantia é a declaração (justificativa) autorizando a comprovação da alegação a partir dos dados. A garantia integra alegação e dados de modo a criar a conclusão.

Nossas análises também estão apoiadas em um entendimento da argumentação segundo o que descreve VAN EEMEREN *et al.* (2002):

[...] “a argumentação é uma atividade racional que tem como objetivo defender um ponto de vista de forma que torne-se aceitável a um crítico que tem uma atitude razoável. [...] na teoria da argumentação, a argumentação é vista não somente como o produto de um processo racional de raciocínio, como argumentos são tradicionalmente vistos na lógica, mas também como parte de uma comunicação em desenvolvimento e de um processo de interação.”

Nesse sentido entendemos que a defesa de um ponto de vista, trata-se também da existência do desenvolvimento inicial e da interação do processo racional de raciocínio desencadeado pela argumentação. Assim vamos avaliar os resultados obtidos, verificando a existência de tais desenvolvimentos bem como a presença dos componentes de alegação, dados e garantias, presentes nas falas transcritas pelos alunos.

Na **oitava aula**, concluída a atividade, os estudantes responderam individualmente a um questionário pós-teste (similar às questões da sondagem) e com afirmações referentes ao desenvolvimento de algumas habilidades. A aplicação do questionário terá como principal objetivo obter parâmetros genéricos de análise e conhecer as impressões dos estudantes sobre a atividade (Kortland, 1996).

É referência teórica deste estudo a Pedagogia Histórico-Crítica, pela qual visamos identificar se a atividade proposta favorece o desenvolvimento de posicionamento crítico e tomada de consciência do aluno. A Pedagogia Histórico-Crítica compreende a educação como um processo de formação humana (SAVIANI, 2007).

Os conteúdos escolares são compreendidos como vinculados à prática social e possibilitam a transformação da concepção de mundo dos indivíduos e que são apropriados pelos estudantes pela mediação do professor. O papel do professor é valorizado, por meio de um ensino que tem esta prática como ponto de partida e de chegada, buscando-se os meios mais adequados para a socialização do conhecimento (CAMPOS *et al.*, 2017).

Assim, acreditamos que a Educação em Ciências proposta neste trabalho com a temática ambiental e o carvão mineral, através da metodologia

de Resolução de Estudo de Caso, integrou-se e articulou a pedagogia Histórico-Crítica.

Tomando como base, o material produzido e os relatórios apresentados pelos estudantes ao longo da aplicação da atividade e também da aplicação do questionário final, vamos discutir algumas contribuições da metodologia para a educação em química e como isso pode influenciar na tomada de decisão quando estamos trabalhando com química ambiental. Assim se objetiva desenvolver a metodologia no presente projeto de TCC.

## **4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **4.1 ANÁLISE DE DADOS DO PRÉ-TESTE E DO PÓS-TESTE**

Nesse item, a apresentação e análise dos resultados são descritos na seguinte sequência: os questionários de sondagem pré e pós atividades e as análises do estudo de caso aplicado. Primeiramente abordaremos os dados coletados nos questionários de sondagem aplicados pré desenvolvimento das atividades e, em seguida, nos questionários obtidos após o término das atividades. Foi realizada a aplicação de um questionário de conhecimentos prévios, onde a aplicação se deu entre estudantes na faixa etária de 16 a 18 anos do ensino médio de duas escolas públicas da rede do estado, uma situada no município de Bagé/RS e outra no município de Candiota/RS.

Esta apresentação é realizada para a amostra coletada na escola de Candiota e posteriormente, apresentam-se os dados coletados na escola de Bagé seguido das comparações que foram pertinentes na análise. Os dados foram coletados por meio de um questionário de sondagem (Instrumento de Coleta de Dados Pré, ICD-Pré) sobre o tema poluição atmosférica, onde vamos observar quais conhecimentos iniciais e compreensões os alunos possuem sobre a temática aplicada. Alguns resultados são discutidos a seguir.

#### **4.1.1 Análise de dados (ICD Pré) – Candiota/RS**

A análise de dados seguiu uma abordagem qualitativa, isto é, foi observada ao longo das aulas o desenvolvimento das atividades propostas e executadas pelos alunos e, posteriormente, uma investigação das apropriações e modificações relacionadas aos conhecimentos iniciais e finais.

O questionário foi composto por 08 questões do tipo aberta, e nessa etapa 08 alunos, compuseram a amostra, observamos que esse foi o número de alunos participantes do questionário, e não do estudo de caso, onde os 15 alunos da turma participaram. Tal instrumento de pesquisa nos leva a identificação de diversos fatores relevantes a essa temática.

Assim, visto que a pesquisa compreende os aspectos sociais, socioeconômicos e ambientais onde os alunos estão inseridos, pode-se analisar as percepções que os mesmos possuem sobre o tema, trabalhando a tomada de consciência do aluno e como suas ações podem impactá-las.

As respostas analisadas nos permitem identificar diversas características relevantes sobre o contexto em foco, visto que estamos trabalhando questões ambientais, propiciando assim a investigação e a argumentação dos alunos sobre assuntos inseridos no seu cotidiano.

A primeira questão abordada nos remete a percepção inicial dos estudantes sobre o que é poluição atmosférica levando a fatores relevantes sobre nossa pesquisa.

### 1 – O que você entende por poluição atmosférica?

Analisamos algumas questões sobre as percepções dos alunos em relação ao questionário aplicado, que são citados a seguir:

**Aluno 1** “A poluição afeta muito as nossas vidas.”

**Aluno 2** “É a poluição do ar em geral.”

**Aluno 3** “Quando gases poluem o ambiente.”

**Aluno 4** “É o lançamento de elementos químicos lançados na atmosfera por usinas, carros, incêndios, queimadas em geral.”

**Tabela 1.** Abordagem sobre poluição atmosférica (Candiota)

| <b>Categoria de análise produzidas</b>        | <b>Alunos (n= 8)</b> |
|---|----------------------|
| <b>Não possui nenhum tipo de conhecimento</b> | 1                    |
| <b>Abordagem superficial</b>                  | 5                    |
| <b>Abordagem científica</b>                   | 2                    |

Fonte: Autor

Observamos, que o conhecimento sobre a questão abordada é de natureza superficial na maioria dos estudantes, sendo que (5) dos alunos

respondem que a poluição atmosférica consiste na “poluição geral dos gases na sociedade”, sem citar exemplos ou fontes, ou como ocorre. Apenas (1) aluno abordou que “não possui conhecimento sobre o assunto” e (2) alunos responderam com o uso de uma linguagem mais elaborada e científica, caracterizando a poluição atmosférica como o “lançamentos de alguns elementos químicos... lançados na atmosfera por usinas, meios automotivos e pela queima em geral, poluindo assim o ambiente”. Esta categoria surgiu nas respostas com uso de uma linguagem que expressa características próprias das ciências e complementadas com informações ou argumentações.

Vimos que o conhecimento inicial está presente em parte dos alunos, e que a construção de algumas ideias apresentam, palavras sobre a temática, como “elementos químicos”, “usinas”, “poluição”, “gases”, isso nos remete a existência de construção inicial de conhecimentos.

Ressaltamos a importância dos questionamentos críticos e reflexivos a respeito do contexto científico, tecnológico e social, encontramos assim um lugar especial para a argumentação e tomada de decisão do aluno.

A segunda questão cita o entendimento dos estudantes sobre os poluentes presentes no ar.

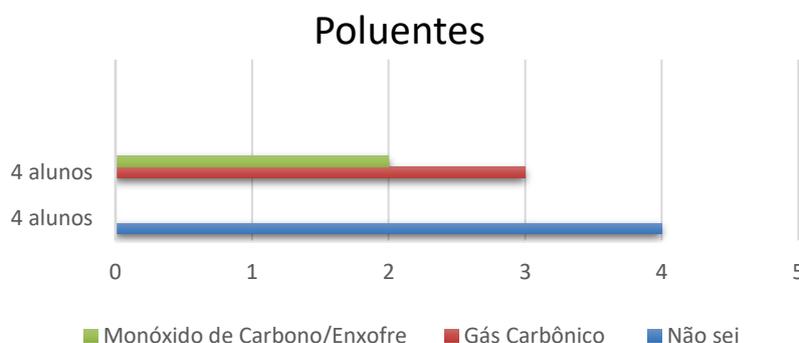
## 2 – Você sabe quais os principais poluentes presentes no ar?

**Aluno 1** “Enxofre.”

**Aluno 2** “Não sei.”

**Aluno 3** “Gás carbônico, monóxido de carbono.”

**Figura 5.** Principais poluentes citados



**Fonte:** autor

Observa-se que a maioria dos alunos (4) responderam que não possuem nenhum tipo de conhecimento quando trabalhamos com a palavra “poluentes”, sendo que o conhecimento inicial obtido pelos alunos é que poluição atmosférica, “é a poluição do ar em geral”, assim na segunda pergunta conseguimos mapear, que falta embasamento teórico (científico) quando estamos discutindo essa temática.

Quatro (4) alunos conseguiram citar alguns poluentes presentes no ar, que afetam o meio ambiente e a saúde em geral, sendo estes nocivo para a sociedade. Dentre os compostos citados encontra-se o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), que foi citado por três alunos que sabiam explicar os tipos de poluentes presentes. Essa resposta seria (ou talvez fosse) a mais esperada por ser um gás de fator relevante na sociedade, bastante presente nas informações da mídia, sendo o principal causador do efeito estufa e outros problemas ambientais.

Além desse composto, dois alunos (2) conseguiram citar o monóxido de carbono (CO) e outros dois alunos (2) o elemento químico enxofre (S). Este último elemento chama atenção pela construção de conhecimento prévio sobre esse poluente, isso se dá pelo cenário que os alunos estão inseridos na volta da usina.

Citamos que esse poluente é prejudicial à saúde, por ser um poluidor que ao se misturar com outros gases pode acarretar em problemas ambientais, como também este presente na queima do carvão mineral.

Na terceira questão foi questionado aos mesmos, se a poluição do ar poderia afetar a saúde das pessoas, visto que a inalação de substâncias, poluentes segundo a OMS é a principal causadora dos problemas respiratórios do mundo.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2017), a poluição do ar mata 6,5 milhões de pessoas a cada ano, com mais de 80% dos indivíduos que vivem em áreas urbanas sendo expostas a níveis de qualidade do ar que excedem os limites de segurança da Organização Mundial da Saúde (OMS).

### 3 – Como a poluição do ar pode afetar a saúde das pessoas?

Nessa questão todos os alunos responderam que a poluição pode afetar de algum modo a saúde das pessoas, porém é interessante observar que entre os oito (8) entrevistados, dois (2) deles defenderam a ideia que a poluição não é somente vinda (procedente) da usina e também alegam o quanto ela (a Usina) é importante para o desenvolvimento econômico da cidade, sendo um gerador de milhares de empregos.

Os outros seis (6), abordaram que a poluição afeta a respiração, o sistema circulatório e que a fumaça advinda da usina e dos veículos automotivos, prejudicando o meio ambiente.

Fazendo uma reflexão sobre os temas de poluição, saúde, desenvolvimento econômico e meio ambiente, é importante destacar a resposta dos alunos sobre o fato de conseguirem associar as possíveis causas e consequência que a poluição pode causar, como também, percebe-se, o posicionamento crítico sobre o desenvolvimento tecnológico e industrial do meio que eles estão inseridos, isso nos remete que há uma percepção de consciência ambiental, bem como de aspectos socioeconômicos.

Nessa questão seguinte foi perguntado aos alunos se os mesmos já tiveram algum contato com uma usina termelétrica, isso se dá pelo fato que muitos alunos estão inseridos na volta onde a usina se encontra, isso nos ajuda a compreender mais sobre as experiências relacionadas a imersão de conhecimentos já adquiridos sobre a temática.

### 4 - Já teve algum contato com uma usina termelétrica?

**Figura 6.** Pesquisa de visita a uma usina termelétrica (Candiota)



**Fonte:** autor

Nessa questão, cinco (5) dos alunos nunca tiveram contato com uma usina, somente na passagem pela frente da mesma, pois o percurso dos estudantes até a escola se faz presente. Outros três (3) estudantes responderam que já visitaram uma usina termelétrica, um dos estudantes abordou que *“em Candiota ter contato com uma usina é normal, pois a maioria dos passeios são exatamente para conhecer as usinas”*.

Isso nos remete que muitos alunos nunca frequentaram uma usina, porém eles estão inseridos nessa realidade de qualquer forma, pois diariamente o contato visual se faz presente, como também nos noticiários que frequentemente estão discutindo sobre o funcionamento da mesma e os impactos que exerce na sociedade em geral.

Em contrapartida ao que foi elaborado na questão anterior, nessa próxima análise, verificamos se os estudantes achavam que uma usina termelétrica de algum modo acarretaria em problemas ambientais.

## **5 – Você acredita que uma usina termelétrica pode causar algum impacto na qualidade do ar?**

Trazemos algumas citações:

**Aluno 1** *“Isso acaba sendo óbvio, com a queima o carvão acaba tendo muita fumaça, e isso interfere o ar limpo.”*

**Aluno 2** *“Com certeza, principalmente se não ligarem os filtros, o que lá dentro não acontece.”*

**Aluno 3** *“Sim, mesmo a usina sendo um recurso útil para nós, ainda assim, poluem o ar.”*

Nessa análise apenas um estudante respondeu que a usina não acarreta em nenhum dano ambiental, sendo mais uma vez crítico com a defesa que a usina gera a economia local da cidade e não é a principal poluidora.

Dentre os sete (7) estudantes que responderam sim, verificamos que dois (2) deles trouxeram a ideia de que na usina “estariam” presente filtros que por sua vez não eram ligados em certos períodos, assim acarretando em

problemas ambientais, quando o carvão era queimado e conseqüentemente liberando gases poluentes. Nessa perspectiva esses estudantes identificaram problemas, que na percepção deles e por estarem inseridos no convívio que a usina está instalada, eram de importância quando o assunto era impacto ambiental pelas usinas termelétricas.

Outros quatro (4) alunos abordaram que sim, justificando que a usina é um recurso útil para a população, porém ela acarreta em muitos problemas ambientais, ocasionados por elementos que poluem o ar atmosférico, sendo responsáveis por problemas respiratórios e cardiovasculares. Assim a resposta foi retomada pelos mesmos que tinham respondido na questão de número 3. Outra justificativa feita por um aluno é que a usina acarreta em desmatamento da natureza, porém não deixa claro qual a relação desse fator com os impactos gerados pela usina.

Como estávamos abordando o impacto da usina na qualidade do ar, na próxima questão foi perguntado aos alunos, se o carvão mineral em si, acarretava problemas ao meio ambiente.

## **6 – Na sua opinião a queima do carvão mineral, pode acarretar em problemas ambientais?**

**Aluno 1** *“Acredito que sim, pois é tóxico se respiramos muito os elementos que a queima provoca.”*

**Aluno 2** *“Sim, prejudica até o crescimento das plantas.”*

**Aluno 3** *“Talvez, se a área da usina não fosse desmatada.”*

Quatro (4) alunos responderam apenas que sim, não justificando o motivo que os levaram a responder. Outros dois alunos responderam sim, argumentando que o queima do carvão é tóxico para nossa respiração e prejudicial para as plantas e para os alimentos que eram plantados em volta das usinas. Dessa forma nota-se que os alunos trouxeram novas discussões na sondagem, não abordando apenas o senso de que a poluição afeta somente as pessoas, mas sim o ecossistema em geral.

A ideia de ligar os filtros foi retomada por um aluno, justificando que a queima do carvão não prejudicaria tanto o impacto na qualidade do ar, se as usinas agissem de forma correta e dentro dos padrões de qualidade ambiental.

O tema desmatamento surgiu novamente também, onde um aluno mostrou-se meio confuso na hora de responder, trazendo aspectos sobre as áreas desmatadas na construção das usinas, assim abordando que o não reflorestamento seria prejudicial para a natureza a partir da queima do carvão, indicando algumas incompreensões sobre o tema.

Já a questão 7 trata especificamente o entendimento químico dos estudos sobre o que é o carvão e o dióxido de enxofre.

### **7 - O que você sabe sobre o carvão e o dióxido de enxofre?**

**Aluno 1** *“Só saberia dizer que o carvão pode ser mineral, sendo automaticamente não renovável.”*

**Aluno 2** *“Não tenho muito conhecimento.”*

**Aluno 3** *“O carvão é um mineral e o dióxido de enxofre é resultado da queima dele.”*

Por se tratar de uma questão mais complexa, cinco (5) deles responderam que não tinham absolutamente nenhum conhecimento, apenas sabiam explicar que o carvão mineral era um possível poluente, já o dióxido de enxofre por se tratar de um composto pouco visto e estudado em sala de aula, era esperado os alunos não compreenderem muito sobre.

A associação entre carvão mineral e dióxido de enxofre foi abordada por um (1) aluno, onde o mesmo disse que ao queimar o carvão, o dióxido de enxofre era liberado na atmosfera, não explicando teoricamente o que era o carvão e dióxido de enxofre, mas sim um processo que ocorria.

Dois (2) alunos abordaram que o carvão era uma fonte de energia não renovável, ou seja, uma fonte de energia não muito limpa a ser utilizada, e que o dióxido de enxofre é uma das reações da queima do carvão mineral. Um conceito, já estava presente, mesmo que as respostas tenham sido breves, podemos observar, que palavras como “reações”, “não-renovável” foram

aparecendo ao longo da sondagem, assim ocorrendo a construção inicial do processo de aprendizagem, o que denominamos de *ativação dos subsunçores*, os conhecimentos prévios para ocorrer a interação e ancoragem dos novos conhecimentos (AUSUBEL, 1973 apud MOREIRA, 1999).

Como forma de encerramento do questionário, foi perguntado o que seria necessário para reduzir os impactos ambientais causados na natureza e na poluição em geral.

## **8 – O que seria necessário para reduzir esse impacto?**

**Aluno 1** *“A consciência e consideração com o meio ambiente, procurando meios para equilibrar as situações, assim utilizando a usina sem prejudicar a natureza e a economia da cidade.”*

**Aluno 2** *“Menos desmatamentos da natureza.”*

**Aluno 3** *“Ligar os filtros da usina.”*

Observamos que o aluno 1 discutiu sobre a consciência que precisamos ter quando estamos envolvendo pessoas e a natureza, isso mostra que o estudante já tem um conhecimento inicial sobre o mundo que o cerca.

Ao serem questionados a tomarem uma posição frente à questão sociocientífica levantada, os alunos mostraram um funcionamento autoreflexivo na tomada de decisão na análise de questões de caráter investigativo e argumentativo.

Novamente nessa questão, o funcionamento dos filtros foi apontado por três (3) alunos, julgando que os mesmos eram ligados somente quando fiscais ambientais visitavam a usina. Dois (2) alunos responderam que não saberiam dizer o que seria necessário para reduzir esse impacto.

O não desmatamento das áreas verdes e reflorestamento de alguns locais, poderiam ajudar a reduzir o impacto da poluição do meio ambiente, dois (2) alunos trouxeram o entendimento novamente sobre o desmatamento, porém não relacionando com os impactos gerados pela usina.

A seguir, a partir da análise dos resultados obtidos, serão apresentados os dados do questionário final, incluindo algumas discussões e citações sobre o tema proposto. Vamos observar o que mudou na concepção dos alunos após a aplicação do trabalho, e como isso nos ajuda a relacionar com o posicionamento crítico e tomada de consciência do aluno e, como suas ações podem impactar na prática ambiental.

O modelo de questionário pós-teste, foi mudado um pouco do inicial (pré-teste), devido no decorrer do projeto ter ocorrido algumas mudanças de atividades, se fez necessário algumas modificações, porém não fugindo do questionário inicial aplicado quanto ao objetivo das perguntas. Nessa análise pós-teste nove (9) alunos foram respondentes e se fizeram presente em todas as atividades do projeto.

A primeira questão foi sobre os conhecimentos adquiridos dos estudantes ao longo do projeto, se a partir dos encontros na escola, ocorreu uma compreensão melhor sobre poluição atmosférica.

### **1 – A partir da atividade desenvolvida ao longo dos nossos encontros, o que você compreendeu sobre poluição atmosférica?**

Várias respostas diferentes foram aparecendo no questionário, compreendendo o que foi estudado nos encontros. Oito (8) estudantes abordaram o que é poluição atmosférica e como ela nos afeta, três (3) estudantes trouxeram concepções respondidas no questionário inicial, porém com embasamento teórico, *“a poluição pode nos prejudicar muito, assim devemos achar um meio mais sustentável e menos poluente, pois as usinas geram vários danos ao solo, atmosfera e organismos vivos, podendo causar câncer, doenças respiratórias, cardiovasculares.”*

Os outros cinco (5) estudantes nos remeteram a ideia de que a atividade proposta desenvolveu um pensamento mais crítico e teórico também. Um (1) aluno respondeu que *“poluição atmosférica ocorre quando há introdução de substâncias nocivas a saúde dos seres vivos, e no ar que respiramos”*. Outro estudante abordou que *“poluição atmosférica é qualquer substância tóxica na natureza, tanto de maneira natural, como erupções em vulcões, como por atividades humanas, como a queima e uso de veículos movidos a*

*combustíveis, entre outros meios*”. Desse modo, os alunos conseguiram relacionar poluição atmosférica e suas principais fontes causadoras, mostrando alguns prejuízos decorrentes dela.

Percepções sobre a tomada de consciência foi retomada por dois **(2)** alunos, argumentando que *“a atmosfera é umas das formas de nós seres humanos sobrevivermos, mas isso está acontecendo de forma contrária ao passar dos anos, nosso meio de sobrevivência está ficando cada vez pior, em consequência das atividades de seres humanos, que prejudicam outros seres humanos no meio que estamos inseridos.”*

Um aluno respondeu que não conseguiu desenvolver um entendimento sobre o conteúdo apresentado.

O que os alunos aprenderam e desenvolveram ao longo das aulas, ao interesse e participação nas atividades, se encaixa perfeitamente nas discussões trazidos por Amaral *et al* (2009):

a aprendizagem significativa é uma teoria segundo a qual os conhecimentos novos se internalizam e se integra aos conhecimentos prévios, formando um significado, e o sujeito consegue explicar determinadas situações, havendo uma interação cognitiva, ou seja, interação entre esses conhecimentos prévios e os novos de maneira não-arbitrária e substantiva. (AMARAL *et al*, 2009, p.3).

Fazendo uma análise dos dados obtidos nessa questão, é possível indicar algumas evidências de que as percepções/concepções dos alunos mudaram ao longo das aulas.

Após a discussão sobre as usinas termelétricas, e o que elas geram em torno da nossa sociedade, foi perguntado se os alunos acreditavam que elas possam causar algum impacto na qualidade do ar.

**2 – Após a discussão sobre as usinas termelétricas e o que elas geram em torno da nossa sociedade, você acredita que elas possam causar algum impacto na qualidade do ar?**

Todos os alunos **(9)** responderam que a usina de alguma forma prejudica o impacto da qualidade do ar, quatro **(4)** alunos abordaram que na queima do carvão mineral, ela elimina compostos químicos na sociedade,

tirando toda a qualidade do ar que respiramos, assim causando doenças e até morte ao passar um longo período de tempo.

A poluição local foi citada por dois (2) alunos, por se tratar de uma cidade que é movida pela usina, a resposta foi “*Sim, ela afeta a qualidade do ar, porém ela afeta na poluição global, mas afeta mais de forma regional, incluindo a cidade de Candiota e cidades vizinhas.*”

Já o restante dos alunos, abordaram sobre vegetação e a perda significativa por resíduos oriundos da usina, ocasionando um mal terrível para a população, mas também pelos animais que estão ao redor das usinas e alimentando-se de materiais particulados que são emitidos pela mesma.

Continuando a discussão sobre o impacto das usinas na qualidade do ar, foi perguntado então se o carvão acarreta em problemas também e se existe diferença entre carvão mineral e vegetal. Como foi trabalhado em sala de aula a diferença entre esses dois, achei de importância relevante trazer essa pergunta para o questionário final.

### **3 – Na sua opinião a queima do carvão mineral, pode acarretar em problemas ambientais? Existe diferença entre o carvão e o composto dióxido de enxofre?**

Nessa questão todos os alunos conseguiram argumentar de uma forma coerente com o que foi aplicado nas aulas, ocorrendo assim uma percepção satisfatória quando estamos trabalhando a queima do carvão e as principais diferenças que o mesmo possui. Um aluno trouxe um embasamento teórico sobre chuva ácida, abordando o seguinte: “*Os gases poluentes presentes no carvão sobem para atmosfera e ao se misturarem com o vapor de água, forma a chuva ácida prejudicando a nossa saúde, além do desmatamento causado pela extração do carvão*”. O desmatamento das áreas verdes como forma de encontrar carvão foi citada por um dos alunos, o tema havia ficado duvidoso quando surgiu no pré-teste.

As diferenças entre o carvão mineral e vegetal se faz presente, por mais que possuem características semelhantes, suas origens e aplicações são diferentes. O carvão mineral foi explicado pelos alunos como um combustível

natural extraído da terra e formado, por processos minerais, e usado principalmente para a produção de energia para as usinas termelétricas e possui um teor bem mais poluente que o vegetal.

Quando diz respeito ao carvão vegetal, os alunos os diferenciaram do mineral por propriedades físicas, que o mesmo era uma substância de cor negra obtida pela carbonização da madeira ou lenha, destruindo os troncos de árvores para utilizá-lo e possuindo um teor de poluição mais baixo que o mineral e foi citado que era o carvão utilizado para fazer “churrasco”.

#### **4 - O que você sabe em termos químicos sobre o carvão e o composto dióxido de enxofre?**

Como foi trabalhado o conceito de carvão e dióxido de enxofre, os alunos responderam essa questão de forma mais simplificada, juntando os dois conceitos. Como a questão era em termos químicos, os alunos se distanciaram do que realmente foi pedido, porém não deixando de ser uma forma correta de abordar a união dos dois temas. A partir disso, sete (7) alunos responderam essa questão de acordo com a queima do carvão o fenômeno da chuva ácida, obtivemos apenas essa resposta da maioria da turma.

O restante da classe, dois (2) alunos trouxeram termos mais químicos na explicação sobre esses dois conceitos abordando que o carvão era formado por dióxido de enxofre, monóxido de carbono, etc.

Sobre o dióxido de enxofre foi explicado que era formado pela junção de dois átomos de oxigênio e um átomo de enxofre, e que é produzido na atmosfera principalmente pela queima de combustíveis fósseis, como o carvão mineral, petróleo e gás natural e nas erupções vulcânicas, além de ser um componente químico, que em grandes quantidades, acarreta em problemas ambientais e na saúde humana.

Na questão seguinte foi analisado o entendimento geral dos estudantes na emissão dos poluentes que estão presentes a partir da aplicação do estudo de caso, e se isso pode acarretar em danos para a atmosfera e os organismos vivos.

## **5 – A partir da aplicação do estudo de caso, e na emissão dos poluentes no ar atmosférico e na sociedade em geral, isso poderá acarretar em danos para a atmosfera e os organismos vivos?**

Dois (2) alunos elucidaram a questão afirmando o que a pergunta estava dizendo, que a emissão dos poluentes provoca danos para a atmosfera e os organismos vivos, porém sem justificar o porquê de isso acontecer.

Chuva ácida foi um tópico discutido novamente por três (3) alunos, sendo um sério causador nos danos para a atmosfera e os organismos vivos, a seguinte frase foi elaborada por um aluno: *“A chuva ácida diminui o pH dos lagos e reduz a concentração populacional dos peixes e nas plantas, vegetais e flores, comprometem a redução e crescimento.”* Outro aluno abordou quanto a chuva ácida que: *“Nos seres humanos pode provocar irritação e aumento da produção de muco, desconforto na respiração e o agravamento de problemas respiratórios e cardiovasculares.”*

O restante dos alunos descreve que os poluentes afetam de alguma forma nossa sociedade, que durante um certo prazo, pode acarretar em problemas futuros, até para os filhos dos trabalhadores da usina e moradores ao redor e que todos nós não vamos escapar de algum dia sofrermos com esse tipo de poluição.

Como modo de encerrar nosso questionário foi solicitado aos entrevistados, alguns meios de como reduzir o impacto de emissão dos poluentes presentes no ar atmosférico, gerando uma discussão final sobre o entendimento do conteúdo. Aplicou-se tal questão, visto que foi desenvolvido ao longo das aulas atividades de experimentação, de leitura e argumentação, aplicação do estudo de caso, o que desencadeou o processo de pesquisa, identificando os problemas e como solucioná-los.

## **6 - O que seria necessário para reduzir alguns impactos da emissão de poluentes sobre nosso meio ambiente?**

Nesse item foi constatado que grande parte dos alunos adquiriram um conhecimento sobre o que foi proposto, uma série de questões foram trazidas

nessa pergunta final, observando um avanço do sujeito aluno em sala de aula quando estamos tratando com o tema de poluição atmosférica.

Alguns alunos (4) discutiram sobre a quantidade elevada de enxofre presente no carvão, assim substituindo o carvão comum por um de baixo teor de enxofre, contribuindo para reduzir os impactos da queima do carvão das usinas. Substituindo os combustíveis fósseis por outras fontes de energia, tal como a energia solar, hidrelétrica e geotérmica e também substituir o carvão sólido por um gasoso ou líquido, foram propostas que surgiram.

Um modo sustentável de reduzir os impactos foi citado por quatro (4) alunos, um aluno citou que a primeira etapa que nós devemos tomar é a troca de velhos hábitos por costumes que não prejudiquem tanto o meio ambiente, como: - *“Não andar de carro quando não há necessidade”*;- *“Usar mais transportes público e meios fáceis de locomoção”*;- *“Não realizar queimadas.”*

Outros alunos (2), citaram a questão do uso do filtro novamente, afirmando que para minimizar esses efeitos as usinas, fábricas e indústrias necessitam usá-lo com frequência, sem nenhuma interrupção, pois estamos convivendo com substâncias tóxicas e não estamos percebendo.

As soluções apresentadas são muitas, e uma nova forma de energia mais limpa e tecnológica pode ajudar a limpeza desses poluentes na atmosfera em que estamos inseridos, então é importante afirmar que a produção de energia pode ser feita de uma forma menos prejudicial e nós como seres humanos precisamos usar a tomada de consciência e meios para a conservação da nossa cidade e planeta.

### **Comparação entre Pré e Pós Questionário da Turma de Candiota/RS**

A análise dos questionários foi desenvolvida com base na relação entre o conhecimento comum, onde os alunos apresentam ideias iniciais sobre o tema apresentado e as ideias subsequentes, que surgem posteriores as atividades desenvolvidas. No questionário inicial algumas respostas indicaram incompreensões sobre o tema e ao longo da aplicação das atividades pode-se notar avanço na (re) construção desses conhecimentos. Agrega-se a isso, o fato de que ocorreu participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem e os estudantes encontram-se inseridos nessa realidade.

Algumas concepções evoluíram, e novos conhecimentos, foram adquiridos, o tema “poluição atmosférica e os poluentes que se encontram nela” teve uma construção de pontos positivos, que nos levarem a entender que aquele conhecimento inicial de que poluição era apenas o lançamento de poluentes e gases, agora já é explicado pelos alunos com termos e propriedades mais específicas. E, vai muito além disso, sendo uma questão percebida como de impacto mundial em todos os organismos vivos e ecossistemas, afetando o solo, as pessoas, economia e ocasionando doenças que levam até a morte. O assunto foi tratado pelos estudantes de uma forma mais abrangente e com olhar mais atento, o que sugerimos ter sido mais crítico.

Segundo Santos e Mól (2005), poluição pode ser vista como toda atividade que prejudique a saúde, a segurança ou o bem-estar da população, crie condições adversas para as atividades sociais e econômicas, ou ainda, que cause degradação ao meio ambiente. E poluição atmosférica é conceituada como qualquer contaminação do ar por meio de desperdícios gasosos, líquidos, sólidos, ou por quaisquer outros produtos que podem vir (direta ou indiretamente) a ameaçar a saúde humana, animal ou vegetal, ou ainda atacar materiais, reduzir a visibilidade ou produzir odores indesejáveis.

Com relação aos estudantes sobre os impactos que as usinas causam na qualidade do ar, tanto no pré-teste e no pós-teste, os alunos responderam que a queima do carvão mineral presente na usina traz danos para o ambiente. Porém no pós-teste os alunos se preocuparam com outros meios que vão além da emissão de compostos poluentes, como o caso da vegetação e dos animais que podem ingerir alimentos contaminados do solo através de materiais particulados. A poluição local é um modo que os estudantes conseguem observar a poluição gerada pelas usinas.

Fazendo uma reflexão sobre o carvão, no questionário inicial era quase que inexistente a percepção sobre como esse minério era prejudicial para a natureza e o ser humano. Tópicos como “desmatamento” e “filtro” foram abordados por dois alunos, visto que as propriedades sobre esses temas eram de pouca argumentação, não gerando diálogo sobre esses conceitos diante das respostas no questionário. Depois de feitas as análises e compreensões sobre o tema, que o desenvolvimento das atividades no estudo de caso

engloba, uma gama de informações se fizeram presente, pois a ideia de que carvão era apenas um material que causava danos para o ambiente, tornou-se um processo de produção de conhecimento. Por exemplo, a palavra desmatamento que antes era vista como superficial agora nos remete a um motivo sobre o assunto que surge articulado, pois o desmatamento das áreas verdes é uma forma de encontrar carvão, prejudicando de certa forma os ecossistemas.

Diante da coleta de dados (das pesquisas dos alunos) e do embasamento teórico sobre o carvão, os alunos conseguiram observar a partir das aulas de experimentação as diferenças entre o carvão mineral e o vegetal. Foi observado, que o conhecimento inicial era inexistente sobre essas diferenças e, posteriormente, aspectos físicos e teóricos foram diagnosticados, como o peso, densidade, cor, origem e o destino.

A associação sobre carvão e dióxido de enxofre, foi caracterizado pelo fenômeno de chuva ácida pela maioria dos estudantes, como sendo o principal causador de problemas ambientais e precursor de doenças respiratórias em geral. Talvez essa resposta tenha sido discutida pela maioria dos estudantes pelo fato de que foi trabalhado esse conceito em sala de aula e na aplicação do estudo de caso, elucidando o conceito de que alguns gases ao se misturar com a chuva, ocasiona a chuva ácida, diminuindo o seu potencial hidrogeniônico (pH) e impactando os lagos, e ocorrendo a perda de vegetação.

O conceito de dióxido de enxofre nos remete a pensarmos sobre a construção de conhecimento que foi sendo adquirido no processo de aprendizagem, o que antes era superficial. No questionário final os alunos conseguiram mostrar que o dióxido de enxofre além de ser um poluente, ele é uma molécula constituída de átomos de enxofre e oxigênio e, que o mesmo na atmosfera em contato com a água forma ácido que caracteriza a chuva ácida.

De acordo com a análise do pré-teste percebemos que os alunos envolvidos na pesquisa tinham uma visão bem limitada sobre o que seria necessário para reduzir alguns impactos na emissão dos poluentes na atmosfera, envolvendo apenas o uso de filtros para a diminuição e a tomada de consciência na hora de utilizarmos meios poluidores, assim a visão ficou fragmentada sobre esses tópicos e não ocorrendo o uso de ferramentas que possibilitassem entendermos mais sobre o assunto em questão.

A análise permitiu uma avaliação da evolução conceitual dos alunos, à medida que as atividades foram encaminhadas e as discussões debatidas em sala. Os resultados foram mostrando-se satisfatórios, e percepções de conhecimentos científicos foram sendo explorados e forneceram subsídios para o debate de como podemos reduzir os impactos da poluição, principalmente das usinas. Os conhecimentos científicos foram “aceitos” e contemplados para o entendimento do tema e, os alunos já estavam conseguindo trabalhar com sustentabilidade, energia limpa e redução de teor de enxofre nas usinas.

Segundo Driver *et al.* (1999), ao longo da aprendizagem, um conceito já existente, mesmo que equivocado em um contexto científico (concepção alternativa), serve de sistema explicativo e satisfatório para o estudante. Dessa forma, a aprendizagem significativa ocorre quando novos significados são adquiridos, através de um processo de interação de novas ideias com conceitos já existentes na sua estrutura cognitiva. As ideias prévias adquiridas influem no aprendizado a partir de novas experiências. Essas experiências incluem leituras de textos, observação de fatos e experimentações propostas em sala, como é o caso das atividades desenvolvidas em nosso *Estudo de Caso*. Não tratamos aqui de afirmar que houve a aprendizagem significativa, mas sim, buscamos ressaltar a importância da interação entre conhecimentos prévios e novos para a produção de novas aprendizagens e (re)significações nas concepções pré-existentes no sujeito aprendiz.

A avaliação final dos alunos relatado a partir dos dados coletados, possibilitou inferir que os alunos conseguiram avançar significativamente, tanto em conhecimentos químicos, como os demais conhecimentos sobre o tema proposto em questão. A tomada de decisão e o senso crítico determinou o domínio que os estudantes desenvolveram ao longo das atividades, isso mostrou interesse pelas questões ambientais, econômicas e uma preocupação com o meio que estão inseridos, no caso o município de Candiota - RS.

#### **4.1.2 Análise de dados (ICD Pré) – Bagé/RS**

Após feita a análise dos dados coletados dos alunos da escola do município de Candiota/RS, vamos poder observar as abordagens e posicionamentos dos alunos do município de Bagé/RS. Observamos que

anteriormente os alunos encontravam-se inseridos no meio que a usina está instalada. Nessa análise os alunos não possuem uma vivência com o meio no qual a usina se encontra, porém vamos trazer os aspectos que os mesmos conseguem observar nesse contexto.

As análises qualitativas vão ser apresentadas novamente, pois o modelo de questionário foi aplicado da mesma forma nas duas escolas, podendo assim posteriormente ser observado as principais diferenças e realidades que os alunos desses dois municípios se encontram. Cabe novamente ressaltar que em ambas as escolas nos municípios foram desenvolvidas as mesmas atividades no Estudo de Caso.

O questionário inicial foi respondido por 12 alunos, inseridos no turno da noite, observamos novamente que o número total de alunos são 15, porém na análise do questionário qualitativo apenas esses alunos participaram. A primeira questão buscou investigar as concepções dos alunos sobre poluição atmosférica.

### **1 – O que você entende por poluição atmosférica?**

Nessa análise alguns alunos conseguiram desenvolver um conceito inicial e outros abordaram poluição como algo mais superficial, algumas respostas foram:

**Aluno 1** *“É a fumaça que solta no ar.”*

**Aluno 2** *“Não sei sobre o assunto, mas são muitas coisas.”*

**Aluno 3** *“É toda sujeira que fica pelo ar, ocasionando vários problemas.”*

**Aluno 4** *“É todo elemento químico que agride a camada da terra.”*

Dentre as respostas obtidas observou-se que alguns alunos possuem familiaridade com o termo poluição atmosférica. A maioria dos alunos (**6**) nos trouxeram que poluição é algo que fica pelo ar, agredindo de alguma forma o meio ambiente. O conceito estava inserido, porém não agregado a conhecimentos mais científicos. Percebeu-se que três (**3**) alunos abordaram poluição como algo vindo de fumaças, que lançada à atmosfera causa danos.

Trazendo a ideia de algo mais científico um (**1**) aluno nos remeteu a ideia sobre os elementos químicos que agredem a atmosfera, causando mal

para as pessoas e a natureza, a palavra “elemento químico” pode-se notar no nosso processo inicial. Dois (2) alunos não tinham conhecimento sobre o que seria poluição atmosférica.

**Tabela 2.** Abordagem sobre poluição atmosférica (Bagé)

| Categoria de análise produzidas        | Alunos (n= 12) |
|--|----------------|
| Não possui nenhum tipo de conhecimento | 2              |
| Abordagem superficial                  | 9              |
| Abordagem científica                   | 1              |

Fonte: autor

## 2 - Você sabe quais os principais poluentes presentes no ar atmosférico?

Várias respostas foram apresentadas pelos estudantes, alguns (4) assimilaram poluentes como sendo fumaças e outros (2) abordando que os poluentes são vindos da usina, não deixando claro uma posição sobre quais eram esses poluentes. Alguns alunos (4) não souberam responder o que de fato foi perguntado.

A seguir algumas falas transcritas feitas pelos estudantes nos mostram essas percepções:

**Aluno 1** “São as usinas e a poluição causada pelos carros.”

**Aluno 2** “Não sei quais os poluentes presentes no ar atmosférico.”

**Aluno 3** “São as fumaças em geral.”

**Aluno 4** “O dióxido de carbono é um poluente.”

Dois (2) alunos conseguiram citar um poluente presente na atmosfera o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ou gás carbônico, por ser um composto mais conhecido pelos estudantes e visto que nos noticiários é sempre comentado como um causador do efeito estufa.

Podemos observar que o conhecimento é anterior e vai além da sala de aula e que isso vai sendo aprimorado ao longo do desenvolvimento conceitual

das atividades. Com isso, entra a função do professor, partir daquilo que o estudante já sabe e fazê-lo evoluir conceitualmente.

Mortimer (1996) trata dos perfis conceituais, afirmando que o estudante não abandona sua forma de pensar, mas ao evoluir conceitualmente, vai formando zonas de perfis conceituais. Este autor destaca, também, que a tomada de consciência do próprio perfil ou da própria forma de pensar é fundamental para que o estudante evolua conceitualmente.

O modo sobre como a poluição pode afetar a saúde das pessoas é uma das ideias que o questionário busca, sendo um meio que propicia a argumentação dos estudantes. Visto que todo o entendimento sobre poluição é decorrente de um processo natural que é bastante citado pelas mídias em geral.

### **3 – Como a poluição do ar pode afetar a saúde das pessoas?**

Entre as justificativas mais usadas para responder essa questão, nove (9) foram de que a poluição do ar afeta o sistema respiratório, causando doenças, como o câncer de pulmão. Observando essa justificativa, percebemos que há um senso comum por quase todos os alunos, por se tratar de poluição, imediatamente os alunos associam com problemas respiratórios.

Além de citar sobre os danos que a poluição afeta a respiração, um (1) aluno citou que os alimentos que estamos ingerindo, a partir das plantações e lavouras, podem afetar nosso sistema digestivo, trazendo complicações futuras. Nessa observação fica nítida a forma que o aluno trata poluição, não abrangendo somente apenas as pessoas diretamente, mas também os meios de consumo. Dois (2) alunos não conseguiram argumentar sobre o tema, apenas respondendo que a poluição afeta sim a saúde, não justificando como e o porquê.

Desde a década de 1940, os resultados na literatura internacional vêm alertando para a gravidade e o aumento da incidência de doenças pulmonares crônicas em pessoas expostas continuamente a pequenas concentrações de contaminantes. A morbidade e mortalidade dessas enfermidades são maiores em ambientes de maior contaminação do ar e atinge invariavelmente de

maneira mais acentuada a população infantil e idosa (OMS, 2006). A mortalidade registrada em cidades com grave comprometimento do ar devido às elevadas taxas de material particulado, por exemplo, é de cerca de 15% a 20% maior que a observada em cidades cujo ar é relativamente mais limpo (OMS, 2006, p.2).

Na próxima questão os alunos responderam se ocorreu alguma visita a uma usina termelétrica. Observamos que quase todos os alunos (**10**) não tiveram nenhum contato. E dois (**2**) alunos responderam que já frequentaram.

#### 4 - Já teve algum contato com uma usina termelétrica?

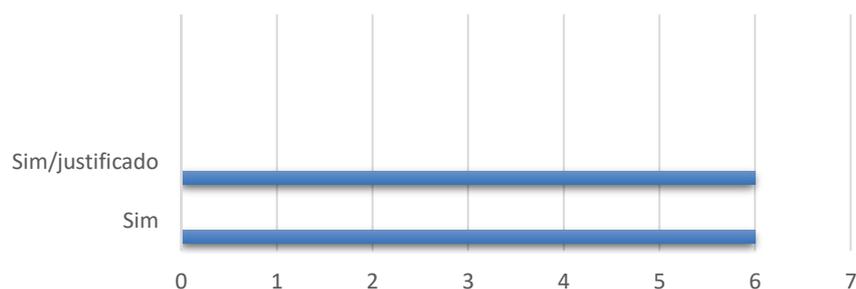


Fonte: autor

Atualmente a forma de energia mais utilizada e em expansão no mundo é a energia gerada através de usinas termelétricas, ou seja, de fontes não renováveis. Tendo em vista esse cenário, podemos observar que as usinas têm um impacto econômico muito grande, porém os impactos ambientais estão presentes na mesma proporção.

Seguindo a abordagem sobre as usinas termelétricas, foi perguntado posteriormente sobre os impactos que uma usina termelétrica pode causar no ar.

#### 5 – Você acredita que uma usina termelétrica pode causar algum impacto na qualidade do ar?

**Figura 8.** Pesquisa sobre o impacto na qualidade do ar

**Fonte:** autor

Nessa análise a metade dos alunos (**6**) respondeu que uma usina termelétrica pode afetar a qualidade do ar, porém sem uma justificativa de porque isso acontece. O restante dos alunos, justificaram de uma forma mais genérica, porém sem fugir do foco que foi perguntando. A seguir, podemos observar as respostas de alguns alunos:

**Aluno 1** *“Sim, porque respiramos ar poluído das usinas, ao invés do ar puro que respiramos.”*

**Aluno 2** *“Sim, pois dependendo do que é usado para extrair o produto, pode causar danos para o ambiente terrestre.”*

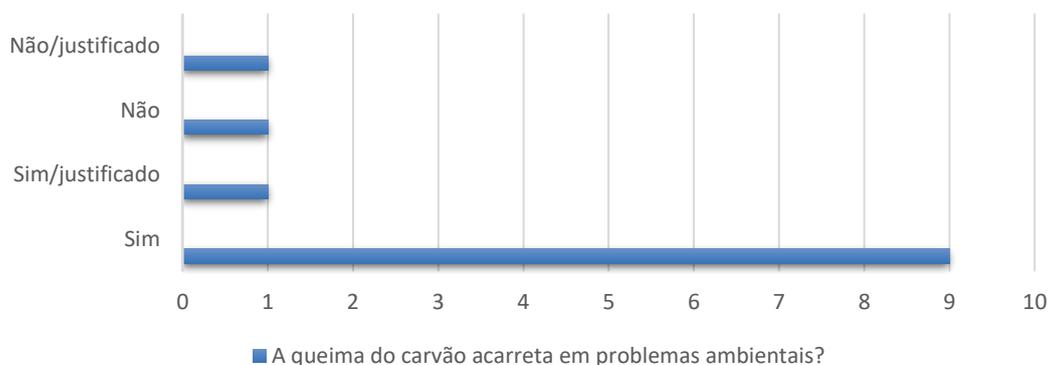
**Aluno 3** *“Sim, pois eles queimam o carvão mineral que pode acarretar doenças para as pessoas e morte para as plantas.”*

Um conceito interiorizado estava presente, pois alguns alunos já conseguiam associar usina com o carvão e que juntando esses dois conceitos, a queima acarretava em problemas não somente ambientais, mas também na vida das pessoas.

Saindo da ideia de que as usinas causam impactos na nossa qualidade do ar, vamos observar como a queima do carvão está ligada aos fenômenos da poluição e como os alunos entendem sobre essa perspectiva.

## 6 - Na sua opinião a queima do carvão mineral, pode acarretar em problemas ambientais?

**Figura 9.** Queima do carvão mineral e problemas ambientais



**Fonte:** autor

Em nossa tabela na Figura 9, podemos observar que os alunos não possuem justificativas sobre a questão, apenas respondendo que o carvão de alguma forma acarreta em problemas ambientais. Algumas respostas distintas foram aparecendo, um (1) aluno que respondeu sim, com justificativa, abordou que o carvão mineral pode afetar o crescimento natural da vegetação, também prejudicando o oxigênio. Na figura, observa-se duas respostas negativas. Porém um aluno respondeu que não, sem justificativa específica, e outro respondeu não, justificando que se for usado de forma correta o carvão mineral, não agrediria a atmosfera.

Para a próxima questão foi perguntado sobre o composto dióxido de enxofre e o carvão, visto que é uma questão nova para os estudantes, as respostas não se fizeram justificadas. Na tabela a seguir observamos essas situações.

## 7- O que você sabe sobre o carvão e o composto dióxido de enxofre?

**Figura 10.** Entendimento sobre o carvão e o dióxido de enxofre



**Fonte:** autor

Diante disso, conseguimos observar que 10 alunos não conseguiram abordar sobre o tema, nos parecendo não existir conhecimentos prévios com relação aos conceitos ou que foi difícil para os alunos explicitar as suas ideias e concepções. Dois alunos responderam que sim, mesmo não estando completa a resposta, uma justificativa inicial e coerente se fez presente.

**Aluno 1** “O carvão é usado para gerar energia elétrica e o dióxido de enxofre é o elemento extraído dele.”

**Aluno 2** “Quando o carvão mineral é queimado ele libera o dióxido de enxofre, o grande causador de doenças.”

Como notado nessas duas respostas, esses alunos também não possuem aspectos teóricos mais específicos sobre carvão e o dióxido, porém sabem explicar onde o carvão é usado e o que ele gera e libera relacionando a uma determinada consequência. Surge a concepção alternativa que o enxofre é extraído. Possuem uma percepção superficial, uma construção de conhecimento inicial que vai gerando algumas ideias iniciais sobre o tema.

Como julgamento final na elaboração das questões do pré-teste, perguntamos para os alunos sobre o que seria necessário na visão deles para reduzir esses impactos que os poluentes causam na sociedade.

## 8 - O que seria necessário para reduzir esse impacto?

Essa pergunta se faz interessante, porque várias questões são abordadas pelos estudantes e com isso sempre podemos observar percepções diferentes sobre o que o aluno pensa quando estamos trabalhando poluição nas usinas e o que nós ou as empresas, indústrias, fábricas, poderíamos fazer para reduzir alguns impactos sobre o ambiente. Algumas respostas são discutidas as seguir:

**Aluno 1** *“Talvez uma forma de filtrar ou separar as impurezas da fumaça que é liberada na queima do carvão.”*

**Aluno 2** *“Seria necessário que as pessoas não largassem mais lixos nos rios, e nas cidades e também que as pessoas andassem de bicicleta ou outro veículo que não libere fumaça.”*

**Aluno 3** *“Parar com a queima do carvão, ou encontrar outro jeito de queimá-lo sem poluir.”*

Observamos que oito (8) alunos responderam essa questão com sua respectiva justificativa. Cada aluno traz uma perspectiva sobre o que podemos fazer para minimizar esses efeitos, a tomada de consciência se faz presente, como também uma forma de filtrar essas impurezas que o carvão provoca para assim não poluirmos o meio ambiente de uma forma tão agressiva. Como sabemos, a poluição afeta todo o mundo e com o passar dos anos essas implicações serão sentidas de uma forma que irá afetar todo o nosso ciclo natural também. Alguns alunos (4) não conseguiram descrever o que seria necessário para reduzir esses impactos, talvez pelo não entendimento da questão em si, ou pelo fato de não estarem atentos sobre os fatos que norteiam a crise ambiental (que caracterizam as questões ambientais).

A seguir, a partir da análise dos resultados obtidos, serão apresentados os dados do questionário final (pós atividade), incluindo algumas discussões e citações sobre o tema proposto, igualmente como foi aplicado com a turma de Candiota. Vamos observar o que mudou na concepção dos alunos após a aplicação do trabalho, e como isso nos ajuda a relacionar com o

posicionamento crítico e tomada de consciência do aluno e, como suas ações podem impactar na prática ambiental.

No questionário o número de alunos que responderam as questões foram menores, 7 alunos, visto que se tratando de uma escola noturna, a frequência dos alunos não se faz presente assiduamente, então sendo difícil a coleta de dados com todos os estudantes na pesquisa. Os sete (7) alunos foram frequentes em todas as etapas do desenvolvimento da pesquisa de Estudo de Caso.

Retomando o que foi trabalhado, na primeira pergunta referiu-se novamente sobre a poluição atmosférica, e diante de nossos encontros, as percepções mudaram sobre o que a poluição de fato é em termos mais teóricos e práticos.

### **1 – A partir da atividade desenvolvida ao longo dos nossos encontros, o que você compreendeu por poluição atmosférica?**

Pode-se observar diferentes maneiras de responder essa questão pelos estudantes, alguns trouxeram conceitos mais teóricos, outros explicaram pelos conhecimentos adquiridos ao longo do projeto e pode-se observar também, o conceito estagnado, não avançando significativamente na produção de uma resposta mais elaborada como esperava-se. Mas foi possível notar que todos os alunos que responderam essa questão, justificaram de alguma forma. A seguir são apresentadas algumas das citações:

**Aluno 1** *“O acúmulo de substâncias tóxicas e químicas no ambiente, principalmente gás carbônico, fazendo com que atmosfera fique poluente, assim a poluição agrava o efeito estufa, aquecimento global e desestabiliza o clima.”*

**Aluno 2** *“Entendo que se refere a mudanças da atmosfera terrestre que podem causar impacto a nível ambiental ou de saúde humana, através da contaminação por gases, partículas ou material biológico ou energia.”*

**Aluno 3** *“Ao longo do trabalho nós compreendemos que o carvão mineral é usado nas fábricas e usinas e que contém muitos poluentes que prejudica a atmosfera.”*

**Aluno 4** *“É tudo que polui o ar e prejudica a saúde.”*

Diante dessas citações, vários conceitos se fizeram presentes no entendimento, onde alguns alunos (3) abordaram o conhecimento científico e outros dois (2) alunos também abordaram poluição atmosférica com o tema de carvão mineral que trabalhamos ao longo da execução do projeto. Foi possível perceber que dois (2) alunos responderam parecido com o questionário inicial, não enfatizando algo mais conceitual.

Em seguida foi questionado sobre as usinas termelétricas e o que elas geram em torno da nossa sociedade.

**2 – Após a discussão sobre as usinas termelétricas e o que elas geram em torno da nossa sociedade, você acredita que elas possam causar algum impacto na qualidade do ar?**

Todos os alunos (7) acreditam que sim, porém algumas respostas foram mais teóricas e outros com o senso mais comum sobre a queima do carvão mineral advindo das usinas, a citação de dois (2) alunos a seguir nos representa isso.

**Aluno 1** *“Elas geram energia, e são as do tipo mais comum no mundo, porém os impactos gerados por elas, acabam contribuindo para o efeito estufa e as chuvas ácidas, devido a queima de combustíveis”.*

**Alunos 2** *“A gente ao estudar percebemos que as usinas ao queimarem o carvão mineral, ela libera vários tipos de poluentes, por isso acreditamos que compromete a qualidade do ar de algum modo.”*

Algumas noções sobre o impacto que as usinas podem gerar na sociedade foram citadas por dois alunos, e palavras como “efeito estufa” e “chuva ácida” já estavam aparecendo no nosso entendimento, então a construção de percepções sobre os impactos não somente local, mas sim global, eram perceptíveis. E o restante da turma (5) trouxeram o carvão mineral, como impactante principal, oriundos das usinas.

Continuando o nosso assunto sobre os impactos que as usinas causam no nosso meio ambiente, foi perguntado se o carvão mineral acarreta em

problemas ambientais. Como trabalhamos as diferenças entre o carvão mineral e o vegetal, foi de relevância abordar esses tópicos no questionário final.

### **3 – Na sua opinião a queima do carvão mineral, pode acarretar em problemas ambientais? Existe diferença entre o carvão mineral e o vegetal?**

Todos os alunos (7) conseguiram abordar esse tópico argumentado que o carvão prejudica nossa qualidade do ar e também as diferenças entre o mineral e o vegetal se fizeram presente no entendimento, a seguir apresentamos algumas citações:

**Aluno 1** *“Sim, quando o carvão mineral é queimado ele acaba poluindo o ar, causando vários problemas e liberando compostos altamente tóxicos, como o mercúrio, chumbo, enxofre, e outros, ele é mais pesado. O carvão vegetal é usado em churrasco e polui menos.”*

**Aluno 2** *“O carvão mineral é feito por fósseis e o vegetal pela queima da madeira, assim o mineral produz mais resíduos tóxicos.”*

**Aluno 3** *“Pode, porque o carvão mineral tem poluentes que são mais tóxicos que o vegetal, e também porque o mineral é usado nas usinas para gerar energia e o vegetal para fazer churrasco.”*

As diferenças que os alunos responderam foram perceptíveis para entendermos que existem características que limitam o uso desse mineral, para isso, ocorreu durante o desenvolvimento do estudo de caso, a pesquisa constante dos alunos, buscando o aprimoramento do conteúdo, onde percepções a respeito foram ocorrendo e sendo construídas.

Na sequência, dando seguimento em termos químicos, foi perguntado sobre o que é o carvão e o dióxido de enxofre. Nesta perspectiva todos os alunos (7) responderam com justificativa sobre o composto, porém notamos que alguns alunos (3) trouxeram uma linguagem própria da química.

### **4 – O que você sabe em termos químicos sobre o carvão e o dióxido de enxofre?**

Analisando as respostas, a maioria dos alunos (4) responderam sobre o dióxido de enxofre apenas, talvez em função de que nas questões anteriores já havia uma abordagem sobre o carvão, porém algumas características da composição, além das preexistentes foram trazidas sobre o carvão nessa questão. Vamos analisar algumas respostas:

**Aluno 1** *“O dióxido de enxofre é um gás com odor, que ocorre por impurezas nos combustíveis fósseis, proveniente de atividades com a queima de combustíveis nos veículos, carvão e petróleo em usinas de energia.”*

**Aluno 2** *“O dióxido de enxofre, quando é lançado na atmosfera, reage com gotículas do ar, e precipita-se sob a forma de chuva ácida.”*

**Aluno 3** *“O carvão é um material sólido, de origem animal e vegetal, que contém carbono, hidrogênio, enxofre, compostos orgânicos, e o dióxido de enxofre é um composto químico constituído por dois átomos de oxigênio e um átomo de enxofre.”*

O aluno 3, transcrito acima, é um exemplo de uma resposta do tipo que utilizou, apropriou-se da linguagem química propriamente dita, e se aprimorou de um número maior de termos químicos. Pode ser visto de modo geral que as respostas dos alunos apresentaram termos e percepções mais científicas.

Com a abordagem química feita, os alunos mostraram-se interessados com a temática, principalmente quando foi abordado o dióxido de enxofre, sendo o mesmo citado várias vezes pelos alunos como o grande causador de problemas ambientais, assim a chuva ácida, é um tópico importante a se ressaltar, com um agente poluidor.

Sabemos que o carvão corresponde a maior parte de produção de eletricidade em vários países. Ainda que sua extração e posterior utilização gere benefícios econômicos, esse processo de extração e produção até a combustão gera impactos significativos no ambiente, e os alunos conseguiram observar esses efeitos nocivos a saúde, a produção e a vegetação em geral.

Na questão seguinte foi analisado o entendimento geral dos estudantes na emissão dos poluentes que estão presentes e se isso pode acarretar em

danos para a atmosfera e os organismos vivos. Buscou-se verificar a influência das respostas a partir da aplicação do estudo de caso.

### **5 – A partir da aplicação do estudo de caso, e na emissão dos poluentes no ar atmosférico e na sociedade em geral, isso poderá acarretar em danos para a atmosfera e organismos vivos?**

Respostas diferentes foram perfazendo a construção do conhecimento, porém todos os alunos conceituaram que a emissão dos poluentes no ar, acarreta em danos futuros. Alguns conceitos mais científicos apareceram e outros com uma abordagem mais comum, algumas respostas são observadas a seguir:

**Aluno 1** *“Sim, trazendo sérios problemas a saúde como na respiração e pode acarretar em problemas ambientais, como o amarelamento das plantas e os desgastes nas construções.”*

**Aluno 2** *“A poluição ocasiona problemas na saúde, principalmente doenças respiratórias como bronquite, rinite, asma, atacando as crianças que são mais nocivas e futuramente adultos que tenham que fazer tratamentos.”*

**Aluno 3** *“Sim, pois as substâncias que contém o carvão mineral prejudicam a saúde, matam plantas e também animais.”*

As transcrições acima refletem o que foi observado, de que o entendimento geral dos estudantes foi de que a emissão dos poluentes acarretam em danos para a atmosfera e os organismos vivos.

Com relação a influência das respostas a partir da aplicação do estudo de caso, observou-se uma melhoria no desenvolvimento cognitivo do aluno, pois a partir da resolução do estudo de caso que será citado em nossos resultados seguintes, os alunos encontram-se mais participativos e reflexivos sobre temas que exijam uma maior tomada de decisão e consciência.

A conscientização ambiental é uma questão que sempre gera discussões em sala de aula, por ser um assunto de interesse dos alunos, isso gera curiosidade e questionamentos constantes sobre uma perspectiva de educação ambiental, trazendo essas ideias para o âmbito escolar.

Nesse último item, os alunos conseguem perceber os danos que a poluição atmosférica pode causar, mas também como os poluentes podem aumentar esses danos. Partindo disso, as soluções propostas para reduzir esses impactos são citadas por alguns estudantes, como podemos observar a seguir:

**6 - O que seria necessário para reduzir alguns impactos da emissão de poluentes sobre nosso meio ambiente?**

**Aluno 1** *“Poderia ser feito um filtro para diminuir o teor de poluição das usinas, como também a substituição pela energia eólica.”*

**Aluno 2** *“Trocar a produção de energia por outra menos poluente para o ambiente e saúde.”*

**Aluno 3** *“Precisa ocorrer a conscientização das gerações futuras sobre a preservação ambiental e também a criação de leis que garantem essa preservação.”*

Como notado nas respostas, dentre as soluções propostas pelos alunos, em sua maioria estão voltadas para a conscientização ambiental e que trabalhando essas questões hoje com os jovens (“gerações futuras”), futuramente esses impactos possam ser minimizados. É essencial que o processo de formação do aluno, permeie essas questões ambientais, como também sociais e econômicas, isso faz parte da construção do conhecimento em sala de aula.

**Comparação entre pré e pós questionário da Turma de Bagé/RS**

A avaliação final da evolução dos alunos da escola de Bagé, realizada a partir dos dados coletados, possibilitou inferir que os alunos avançaram significativamente, porém observamos que o conceito sobre a poluição atmosférica foram voltados mais para os problemas ambientais (ou seja, as consequências) e formas de conscientização. Observa-se que, os alunos conseguem suprir a ideia de poluição conceituada como a emissão de gases, com uma nova relação com os problemas da queima do carvão, até a ideia

sobre efeito estufa e aquecimento global, novamente efeito das consequências da poluição atmosférica.

Ressaltamos também o desenvolvimento de algumas habilidades propostas pela pesquisa, entre elas o senso crítico, visto que os alunos conseguem afirmar sobre os impactos causados na emissão de poluentes na natureza.

Quando nos referimos as usinas termelétricas, a problematização se faz presente, pois trabalhamos um assunto que atinge toda uma sociedade e por se tratar de uma usina, que é a base geradora de energia elétrica e ao mesmo tempo uma enorme fonte de poluição, nos remete a uma questão primordial na discussão sobre poluição. Partindo desse princípio, o aluno consegue trazer para a sala de aula, sua opinião como um ser problematizador.

A problematização com temas geradores também tem um papel importante no processo de ensino e aprendizagem, conforme ressaltou Halmenschlager (2011):

“A problematização é um aspecto essencial a ser contemplado no desenvolvimento de temas em sala de aula, pois a mesma pode potencializar o processo de ensino e aprendizagem, atribuindo maior sentido ao que está sendo estudado” (HALMENSCHLAGER, 2011, p. 2).

A evolução sobre o conhecimento adquirido pela aplicação do projeto, se fez presente, pois inicialmente os alunos não conseguiam relacionar o carvão como sendo um minério, que pode ter características e classificações diferentes. Na aula experimental desenvolvida, os alunos tiveram embasamento teórico para discutir as questões sobre o carvão e como ele era constituído, mesmo que na maioria das respostas analisadas no questionário final, ele foi associado como o causador da poluição e não citando os aspectos químicos e físicos que era constituído.

O conceito de dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) era visto como abstrato pelos alunos, isso se deu pela falta de conhecimento e estudo sobre esse composto nas aulas de química, então o conhecimento inicial era quase que zero, ocorrendo apenas a citação de um aluno que o enxofre era extraído do carvão, sem abordar com propriedades os aspectos relevantes do uso desse poluente.

Após o desenvolvimento das atividades, conseguimos observar a evolução dos alunos diante dos resultados trabalhados referentes a queima do

carvão mineral e como isso estava associado ao dióxido de enxofre. As respostas foram mais científicas, onde os conhecimentos químicos, estavam presentes, assim os alunos, já estavam abordando como o principal causador da chuva ácida e como esse composto era constituído a partir de suas propriedades, e também como era nocivo ao meio ambiente e a saúde.

As formas de reduzir o impacto que os poluentes causam na atmosfera, está associada ao pensamento crítico do aluno, pois sabemos que falar sobre esse assunto, gera uma preocupação pelos estudantes, por se tratar de um assunto mais complexo e de grande discussão.

Os impactos são muitos e isso está piorando a cada dia, então a conscientização e a tomada a frente de algumas decisões são importantes para a construção do conhecimento prático empírico.

Na análise feita pelos questionários, tanto no pré-teste como no pós-teste, os alunos elucidaram como forma de reduzir esses impactos, o uso de filtros. Porém no questionário final, algumas abordagens que vão além das usinas foram contempladas, como a substituição por fontes de energia mais limpas, sendo um modo de minimizar esses danos causados. Nessa nova proposta dimensões econômicas e sociais estão associadas.

A poluição é um assunto que estamos acostumados a escutarmos, porém devemos saber que poluição não está somente ligada a fragmentos limitados, mas sim está atrelada a uma série de efeitos e consequências que causam além de problemas ambientais, problemas socioeconômicos mundiais. As usinas termelétricas fazem parte de um percentual dessas discussões no mundo, então é importante que os alunos tenham uma visão sobre essas questões e que futuramente os mesmos tenham propriedades para abordar esses assuntos.

### 4.1.3 Comparação entre as Turmas de Bagé e Candiota

Consideramos algumas contribuições para o processo do desenvolvimento cognitivo e argumentativo dos estudantes, diante da aplicação do questionário. Observamos algumas preocupações frente as respostas nos dois municípios onde os alunos residem que tornaram a coleta de dados perceptível quanto as questões ambientais, sociais e econômicas. A seguir demonstraremos quais as principais características relevantes diante da comparação entre esses dois municípios.

Quando analisamos os alunos de Candiota, o desenvolvimento dos conceitos cotidianos e científicos são interligados em conjunto, à medida que os alunos conseguem processar questões na qual eles estão acostumados a observar. A construção do conhecimento científico cresce significativamente, assim resgatando o que o aluno sabe até o momento e estruturando a abordagem de ensino a partir dessas ideias.

De forma geral, a análise dos alunos aponta para um intenso movimento argumentativo na construção de seus posicionamentos ao longo de toda atividade. Encontramos em suas opiniões posicionamentos que abrangem não somente os aspectos ambientais, mas sim fatores econômicos, que possui forte impacto diante da realidade dos alunos que residem ao redor da usina de Candiota.

A referência a esse debate social e econômico na cidade reforça o uso de reflexões que antes era vista como algo superficial. A partir da produção de atividades que tornam o tema problematizador, subsídios são construídos para a tomada de decisão e consciência.

O desenvolvimento dessa competência, desse modo, propiciou, no dia da apresentação do estudo de caso e das respostas finais do questionário, uma discussão sociocientífica entre esses alunos sobre sustentabilidade, energia limpa e a implantação de uso de filtros que diminuísse o teor de enxofre da queima do carvão mineral.

De acordo com os dados da amostra de alunos investigada no município de Bagé, observou-se que alguns estudantes conseguiram evoluir conceitualmente em termos químicos e ambientais que consistiam em um diagnóstico comum anteriormente. A afirmação que a usina prejudica a

natureza de alguma forma estava presente nas respostas, tanto inicialmente, como no questionário final.

Verificou-se através dos questionários aplicados aos alunos da instituição que a grande maioria possui o interesse em estudar e discutir sobre as questões ambientais e ainda possuem consciência da importância da preservação e proteção dos recursos naturais. A preocupação com a queima de combustíveis fósseis é um fator preocupante que chegou até os estudantes após feita a análise de questionários.

A análise das respostas com relação às fontes de poluição revela que após as discussões em sala de aula, o que antes não parecia tão gritante com relação a emissão de poluentes, agora tornou-se uma questão mais preocupante, assim a tomada de consciência é um processo evolutivo no decorrer do desenvolvimento do estudo de caso e no âmbito escolar.

Alguns estudos na literatura buscam mecanismos capazes de fornecer indícios quanto à qualidade dos argumentos produzidos pelos alunos, principalmente no ensino de química. Segundo Jiménez Aleixandre e Bustamante (2003), consideram de boa qualidade os argumentos que são acompanhados de justificativa. Nesta perspectiva, os argumentos produzidos pelos alunos na resolução do questionário podem ser considerados de boa qualidade, uma vez que a maioria foram acompanhados de justificativas.

Conforme descreve Van Eemeren e cols. (2002) a argumentação também é vista *como parte de uma comunicação em desenvolvimento e de um processo de interação*, que o locutor (o aluno) realiza raciocinando e interagindo simultaneamente com o conhecimento, com o meio e com os ouvintes. Tais processos de desenvolvimento e interação ficaram bem claros no desenvolvimento do presente estudo de caso.

As análises apresentadas nas duas escolas reforçam a noção de que a aprendizagem de ciências, incluindo conceitos e práticas científicas, assim como aprender a argumentar, não ocorre de forma linear e imediata, demandando um trabalho processual gradativo.

## 4.2 ANÁLISE DAS ATIVIDADES DO ESTUDO DE CASO

Descrevemos a seguir a análise de dados para o estudo de caso em específico. Imerso no contexto da utilização dessa metodologia, também buscaremos avaliar se a atividade proposta favorece o desenvolvimento de posicionamento crítico e tomada de consciência do aluno e, de como suas ações podem impactar na prática ambiental. Neste momento vamos utilizar da análise de argumentos para interpretarmos as falas que foram transcritas dos alunos durante a apresentação de seus trabalhos.

Para o desenvolvimento do estudo de caso foram propostas algumas atividades no decorrer dos encontros em sala de aula, conforme descrito em nossa metodologia. O estudo de caso foi proposto como modo de avaliar o desenvolvimento cognitivo dos estudantes a partir dos conceitos que estávamos abordando sobre poluição atmosférica, com o intuito de ocorrer a problematização e meios de resolução do mesmo, finalizando com a apresentação de seminários. No decorrer dessas atividades, foram desenvolvidos o caso investigativo, prática experimental e demais atividades que possibilitassem a construção do conhecimento, estes serão citados na análise dos resultados a seguir.

Com base nos relatórios produzidos pelos alunos, verificamos que o trabalho com caso investigativo, possibilitou a tomada de decisão e estimulou os alunos a pesquisarem sobre o tema proposto e a relacionar com aspectos comuns no cotidiano. Por exemplo, a queima do carvão mineral é discutida mundialmente como um fator determinante no impacto ambiental gerado pelas usinas termelétricas, como também um causador de problemas respiratórios, porém é um precursor na geração de energia elétrica.

As origens e compreensões sobre o método do estudo de caso, foi apresentado até a sala de aula, como modo de facilitar a aprendizagem e a busca de informações, pois quando estamos trabalhando com esses métodos, a informação sobre os possíveis meios de solucioná-lo tem que se fazer presente.

Bruyne, Herman e Schoutheete (1977) afirmam que o estudo de caso justifica sua importância por reunir informações numerosas e detalhadas que possibilitem apreender a totalidade de uma situação. A riqueza das

informações detalhadas auxilia o pesquisador num maior conhecimento e numa possível resolução de problemas relacionados ao assunto estudado.

A poluição atmosférica foi discutida também como meio de facilitar o entendimento para os alunos, pois é papel do professor, mediar esses conceitos em sala de aula. Diante disso, Kruger e Leite (2010) afirmam que, o papel do educador é mediar à aprendizagem, priorizando, nesse processo, a bagagem de conhecimentos trazida por seus alunos, ajudando-os a transpor esse conhecimento.

Os efeitos da poluição podem ter um caráter, local, regional ou global. Os efeitos locais e regionais, em geral, ocorrem em grande densidade populacional ou atividade industrial, compreendendo assim implicações que são perceptíveis as pessoas que convivem diretamente com algum tipo de poluição.

Os meios de comunicação são uma forma na qual os alunos conseguem observar e adquirir suas primeiras percepções e concepções sobre o que está acontecendo em nossa sociedade ocasionado pelos impactos ambientais. Diante disso o uso de reportagens como o meio de pesquisa é um processo de compreender os aspectos sociais, ambientais e econômicos.

Algumas reportagens sobre a usina foram levadas até a sala de aula com o propósito de contextualizar e investigar problemas que são perceptíveis ao olhar de outras pessoas, assim trabalhando conceitos que reforçam esse tipo de foco.

Os alunos trabalharam em grupo e, ao final do processo, foram organizadas apresentações orais. Em cada escola foram formados 3 grupos, cada grupo composto por aproximadamente 5 alunos. As apresentações foram executadas a partir do que foi descrito na metodologia.

A seguir apresentamos a análise do estudo de caso, através dos argumentos dos estudantes de Candiota-RS, com o intuito de verificar o desenvolvimento cognitivo, vinculada aos problemas sociais que afetam diretamente ou indiretamente o indivíduo e a natureza. Conforme Santos e Schnetzler (2003), para que o indivíduo possa efetivar sua participação na sociedade e posicionar-se quanto ao encaminhamento das soluções para os problemas que a afetam, é necessário que disponha de alguns conhecimentos técnicos relacionados ao assunto em questão.

O caso fictício construído para esse trabalho, “*Você sabe o que está respirando*”, colocou os estudantes a par de um problema que estava prejudicando uma propriedade rural que encontra-se localizada no município de Candiota-RS (Figura 4, ver metodologia). Esse problema era o constante episódio de acúmulo de cinzas em volta da propriedade, causando problemas na plantação e doenças na família. Como estudantes de química, os membros dos grupos eram responsáveis pela investigação das possíveis causas e resoluções desse caso.

Avaliamos os resultados obtidos, verificando a existência de tais processos de desenvolvimento de comunicação e interação, bem como a presença dos componentes de alegação, na qual os alunos trazem evidências para argumentação, dados para afirmação, onde a sustentação da argumentação se dá a partir das informações apresentadas (dados, estatísticas, percentuais) que a acompanham e também garantias, presentes nas falas transcritas, no propósito de defender suas ideias.

A seguir transcrevemos falas que os estudantes realizaram durante a apresentação do seu trabalho de estudo de caso. Esses aspectos foram percebidos pelos grupos a seguir:

#### **Grupo 1 (G1):**

**Transcrição 1** *“Algumas maneiras de minimizar esses impactos que as usinas causam, podem ser contempladas com leis que delimitem os níveis de poluição nos ambientes urbanos e principalmente rurais, para não prejudicar o amarelamento das plantas e não causar doenças respiratórias.”*

**Transcrição 2** *“O uso de instrumentos que possam minimizar a emissão de poluentes, como catalisadores automotivos, filtro nas fábricas e usinas, como o tratamento de resíduos.”*

**Transcrição 3** *“Conservação e preservação de áreas verdes.”*

**Transcrição 4** *“O ideal não seria utilizar esse tipo de energia, porém se pararmos de usar, o que poderá acontecer com a cidade de Candiota, que é movida pelo carvão.”*

**Transcrição 5** *“Os impactos ambientais são principalmente as emissões aéreas liberadas pelo período que a usina é utilizada.”*

**Transcrição 6** *“O SO<sub>2</sub> causa a chuva ácida que vai ocorrer as doenças respiratórias e conseqüentemente a perda de plantações no Município.”*

**Transcrição 7** *“Talvez a localização que a usina se encontre, poderia ser um pouco mais distante da população e das propriedades rurais que estão em volta.”*

**Transcrição 8** *“O índice de câncer de pulmão é alto na cidade, porém tudo é ao longo prazo, que vai acumulando e se agravando.”*

**Transcrição 9** *“Na vila residencial aqui na cidade, até hoje são encontradas resíduos de cinzas.”*

## **Grupo 2 (G2):**

**Transcrição 1** *“Sabemos que as cinzas presentes nas situações descritas, são provenientes das chaminés da usina termelétrica de Candiota-RS.”*

**Transcrição 2** *“A usina contribui para o aquecimento global, através do efeito estufa e da chuva ácida.”*

**Transcrição 3** *“Algumas soluções para minimizar é a instalação de sistemas de controle de emissão de gases poluentes das indústrias.”*

**Transcrição 4** *“Deve ser aplicado a geração de energia através de fontes limpas e renováveis como hidrelétricas, eólica e solar.”*

**Transcrição 5** *“A energia sustentável pode ser utilizada sem danos ao meio ambiente e aos seres vivos.”*

**Transcrição 6** *“A chuva ácida é um grande causador desses efeitos nas propriedades rurais, o conflito entre Brasil e Uruguai existe até hoje.”*

**Transcrição 7** *“Os países precisam reduzir os efeitos da precipitação da chuva ácida, como a redução de enxofre no carvão e em automóveis.”*

### **Grupo 3 (G3):**

**Transcrição 1** *“China é o país mais poluído do mundo”*

**Transcrição 2** *“É mais provável que tenhamos mais doenças aqui, do quem não mora em uma cidade que tem uma usina.”*

**Transcrição 3** *“Os impactos ambientais chegam a níveis globais.”*

**Transcrição 4** *“Os filtros ajudam a diminuir a emissão de poluentes, porém não é o suficiente, usinas termelétricas deveriam ser usadas somente em situações de emergências.”*

O G1, G2 e G3 abordaram questões que possibilitaram discutir os conteúdos científicos a partir do estudo dos temas. Cabe ainda ressaltar que os aspectos sociais e econômicos são abordados. Os alunos conseguiram descrever características que acontecem na cidade que eles estão inseridos. A preocupação quanto à pesquisa do trabalho, teve como resultado os impactos da mineração, mas também pela economia que a usina gera em torno da cidade, sendo assim o uso de recursos que minimizem esses efeitos foram propostos.

O dióxido de enxofre é citado como um causador de eventos que acontecem nas usinas da região, por se tratar de um poluente que em contato com o ar forma a chuva ácida.

Do ponto de vista estrutural, verificamos que os três grupos fizeram uso de dados fornecidos nas aulas para a pesquisa do trabalho, que fundamentaram suas conclusões. O G1 e o G2 trouxeram argumentos como citados a cima, que possibilitou o uso de características que permitiram a identificação de problemas e meios para minimizar esses problemas.

A compreensão da argumentação em sala de aula, como modo de ampliar a construção do conhecimento, as possibilidades de revisão crítica deste e, assim, a qualidade de raciocínio envolvido pode ser encontrada na literatura de autores como Rapanta, Garcia-Mila e Gilabert (2013) e Kuhn (1991, 2005).

Esses autores defendem que tais possibilidades de pensamento, resultam em ganhos educacionais. Para eles, a argumentação parece propiciar oportunidades aos estudantes de refinarem suas compreensões sobre determinado assunto, possibilitando-os separar aquilo que é relevante do que é irrelevante, fazer conexões entre contextos e ampliar o poder explicativo de seus conhecimentos.

O G3 descreveu ideias mais básicas sobre o assunto em questão, diante da apresentação dos seminários notou-se um certo desconforto na apresentação sobre a temática aplicada nesse grupo.

O G1 e o G2 identificaram o problema de acúmulo de cinzas na propriedade, como vinda da usina na região, isso se deve ao fato da propriedade se encontrar ao redor da mesma. O uso de filtro que diminuísse essa emissão é a principal solução descrita e também a necessidade de redução do teor de enxofre para que não cause o amarelamento das plantas e não ocasione as doenças respiratórias.

Também foi proposto que leis precisam ser delimitadas para que esse tipo de caso não ocorra mais e a construção e preservação de áreas verdes é um aspecto citado pelo G1, pois a partir do desmatamento o carvão é encontrado, isso agrava mais ainda a situação da poluição atmosférica.

O G3 não trouxe argumentos suficientes para a estruturação e resolução de um estudo de caso, porém questões que envolvam o uso do carvão e a tomada de consciência se fizeram presentes.

A chuva ácida é um fenômeno apresentado pelos estudantes como o causador na perda de produtividade das lavouras e das doenças respiratórias.

Os estudantes também descrevem que a usina libera uma quantidade elevada de poluente pela queima de carvão. Uma fração desses resíduos é dióxido de enxofre e materiais particulados que no decorrer do tempo, ocasiona problemas de nível local, regional e mundial.

Identificamos alguns elementos essenciais para a argumentação e tomada de consciência pelos alunos, promovendo o processo de ensino-aprendizagem. Tais elementos consistem em argumentos que possibilitaram a identificação de fatores que nos levaram a concepções sobre as soluções apresentadas para o estudo de caso.

Agora apresentamos as percepções e identificamos os problemas do estudo de caso pelos alunos do município Bagé-RS, a partir disso algumas conclusões irão poder ser analisadas e discutidas para o entendimento do nosso estudo. Algumas citações sobre a identificação e resolução do estudo de caso dos três grupos, são transcritas a seguir:

#### **GRUPO 1 (G1):**

**Transcrição 1** *“Essas questões estão ligadas a queima do carvão, pois os problemas que aconteceram na propriedade rural, estão ligadas com o fenômeno de inversão térmica em Candiota.”*

**Transcrição 2** *“A chuva ácida acarreta nesses problemas ambientais.”*

**Transcrição 3** *“Devemos transformar o carvão sólido em combustível gasoso ou líquido, podendo então remover as impurezas de enxofre.”*

**Transcrição 4** *“A energia solar precisa ser mais utilizada.”*

**Transcrição 5** *“As empresas optam pelo carvão mineral por causa das questões econômicas, porém não é recomendado por causa dos efeitos que ocorrem.”*

#### **GRUPO 2 (G2):**

**Transcrição 1** *“O carvão que é extraído do solo em minas a céu aberto, apresenta grandes riscos para o meio ambiente e para os operários que trabalham na usina, por causa das variedades que esse combustível causa.”*

**Transcrição 2** *“Produzem resíduos sólidos tóxicos, e produção poluição térmica produzida com o aquecimento das caldeiras.”*

**Transcrição 3** *“A causa dessas propriedades é o acúmulo de cinzas pela queima do carvão, que é lançado na propriedade através da fumaça que sai da usina que também libera SO<sub>2</sub>, que prejudica a saúde e contribui para o amarelamento das plantas.”*

**Transcrição 4** *“Soluções para o problema é substituir o carvão mineral pelo carvão de baixo teor de enxofre, e melhorar a eficiência dos sistemas de combustão.”*

**Transcrição 5** *“Emitir fumaças por chaminés altas o suficiente para que suplantem a camada de inversão térmica.”*

### **GRUPO 3 (G3):**

**Transcrição 1** *“A OMS em 2014 identificou que a poluição matou mais de 7 milhões de pessoas no mundo, matando mais que a malária e a AIDS juntas.”*

**Transcrição 2** *“Chuva ácida causa amarelamento das plantas, corrosão de monumentos e acidificação nos lagos.”*

**Transcrição 3** *“O estudo de caso é causado pela queima do carvão, que contém dióxido de enxofre que causa consequências como a chuva ácida.”*

**Transcrição 4** *“Devemos substituir os combustíveis fósseis por outras fontes de energia, tal como solar, hidrelétrica e geométrica.”*

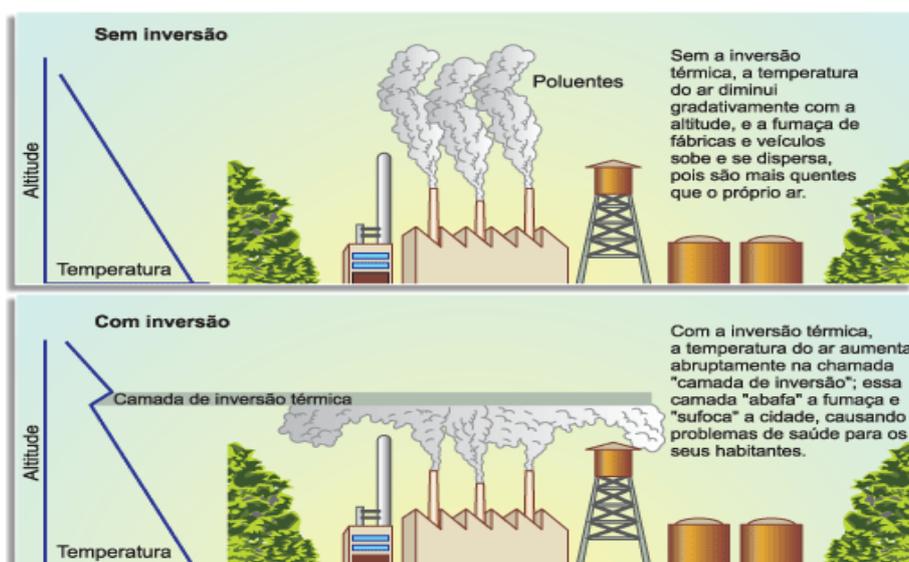
**Transcrição 5** “O que acontece em Candiota é um fenômeno típico de regiões frias, correndo a dispersão de poluentes, isso chama-se smog industrial.”

Os problemas, os dilemas, e os casos a serem solucionados são, nessa metodologia, o elemento central do processo de ensino. Conforme Santos (2007), para a contextualização pedagógica dos conteúdos científicos, deve-se partir de situações problemáticas reais e buscar o conhecimento para entendê-las e, então, solucioná-las. Essa contextualização tem um papel importante no sentido de fazer com que o aluno se sinta comprometido e envolvido com o processo educativo.

Os alunos se sentem motivados quando trabalhamos com casos que tornam-se investigativos, pois eles conseguem a partir de um problema trazer ideias e relacioná-las com fenômenos que são frequentes, porém as vezes pouco abordado, então nesse processo o aluno busca informações que colaboram com a pesquisa em termos científicos e tecnológicos.

Na análise da identificação e resolução do estudo de caso, os três grupos trouxeram uma fundamentação teórica que ajudou a entender porque está acontecendo esse fenômeno de acúmulo de cinzas nas propriedades rurais em torno da usina termelétrica, esses indícios foram citados como o efeito da inversão térmica que acontece principalmente no inverno (Fig. 11).

**Figura 11.** Fenômeno de inversão térmica



Fonte: Feltre (1996)

Esse fenômeno de inversão térmica está associado com o smog industrial, que é típico de regiões frias e úmidas, e os picos de dispersão dos poluentes acontecem principalmente nessa época, esse smog provém da queima do carvão e de óleo combustível, sendo o dióxido de enxofre seu principal componente de poluição (BRAGA, 2005).

Como observado no nosso estudo de caso, os meses que antecedem a aparição desses fenômenos de acúmulo de cinzas na propriedade, aconteceram nos meses de inverno, isso nos ajuda a entender o porquê desses fenômenos.

Os danos provocados pelo  $\text{SO}_2$  foram citados pelos estudantes como agravamento também dos problemas de “chuva ácida”. Os efeitos para o homem e a natureza podem ser enormes, essas partículas estão associadas aos problemas de visibilidade e de mudanças climáticas, típico dessa região também.

Concluimos que os três grupos conseguiram trazer argumentos em torno da situação problema apresentada, e que o fenômeno de chuva ácida, está associada a inversão térmica, que ocorre em dias mais frios e úmidos, como no inverno, causando assim a dispersão de poluentes mais próximas da superfície, assim o aparecimento de cinzas na propriedade se deu por essa justificativa e a solução é baixar esses níveis de enxofre, ou transformar o carvão sólido em um combustível líquido ou gasoso.

#### **4.2.1 Comparações das atividades desenvolvidas**

A partir da análise dos argumentos apresentados e da identificação e resolução do estudo de caso, tornou-se possível verificar uma diferença quanto ao assunto do caso proposto após a intervenção, ou seja, se ocorreu o processo de pesquisa e esclarecimentos sobre as possíveis causas daquelas aparições de cinzas na propriedade, que estava causando problemas ambientais e de saúde.

Percepções diferentes foram apresentadas, observou-se que os alunos do município de Candiota ficaram mais restritos quanto a pesquisa, talvez isso ocorreu pelo fato que os estudantes daquela cidade estão inseridos no

contexto que a usina se encontra. Porém argumentos foram aparecendo, com indícios que a chuva ácida é um possível causador de todo esse processo.

A diminuição desses impactos poderia ser feita a partir de leis que controlassem mais de perto a emissão desses poluentes, assim esse processo seria menos danoso para a atmosfera, e problemas como estes apresentados no estudo de caso, não iriam aparecer com tanta frequência.

Na observação dos grupos de Bagé quanto ao estudo de caso, os mesmos focaram na identificação da possível causa da aparição de resíduos em propriedades rurais. Na apresentação da causa, os alunos trouxeram características que relacionam a efeitos que acontecem na poluição local, chegando mais perto de indícios que identificam a origem dessas cinzas a partir da queima do carvão mineral que estão causando problemas.

Tanto Coelho (2007, p.18) como Mario (2012, p.16) relatam que a queima de combustíveis fósseis pelos motores, a combustão e a expansão das indústrias siderúrgicas ganharam força com a revolução industrial e isso ocorreu sem a conscientização dos danos que iriam causar a saúde humana. Essa citação reforça ainda mais os problemas citadas pelos grupos das duas cidades, que uma destas causas é a queima do carvão da usina que gera preocupações locais.

Todo esse processo de construção de conhecimento, identificação de problemas e busca de informações, propiciaram as discussões de conscientização ambiental e tomada de decisão frente a esses problemas. Durante o desenvolvimento das atividades, os alunos tiveram contato com imagens e fotografias locais sobre o assunto, através do uso de reportagens que possibilitaram o processo de compreensão sobre o tema proposto.

Também é importante lembrar que no ano de 2012 o Ministério Público recomendou a suspensão da licença do complexo da usina, alegando que a operação da usina pode causar danos irreversíveis para o ambiente, gerando mais polêmica sobre o assunto, fatos esses revelados pelo jornal local. De certa forma essas notícias contribuíram para a melhor articulação e participação nas aulas, pois estávamos falando da cidade onde vivem os alunos e não fatos de outras cidades.

Além disso, também durante as aulas expositivas em data show e rodas de conversa, ocorreram percepções sobre poluição das usinas, que antes era

irrelevante para os estudantes. A experimentação, provavelmente, foi um dos pontos relevantes para a evolução das concepções prévias dos alunos.

As diferenças entre o carvão mineral e vegetal foram observadas pelos alunos nesse contato e com isso eles perceberam que características físicas e químicas diferenciavam suas origens e destinos. A experimentação sobre chuva ácida, foi um tópico discutido nas atividades, desenvolvendo nos alunos a capacidade de conhecer os termos químicos e o que isso causava na atmosfera.

Todos esses aspectos foram construídos mediante a pesquisa e confecção de materiais até que subsídios para a resolução do estudo de caso estivessem presentes.

Levando em conta a metodologia proposta, para a análise dos argumentos mediante a identificação e resolução do estudo de caso, verificamos a qualidade de boa argumentação pelos estudantes, no entanto, algumas respostas foram mais objetivas, tendo a necessidade de uma pesquisa mais detalhada sobre os efeitos que isso causa na qualidade do ar, a partir da emissão de poluentes da usina.

Entretanto uma pesquisa desse caráter leva a pensarmos sobre a tomada de consciência que esses grupos tiveram no desenvolvimento do estudo de caso, pois verificamos que os argumentos trazidos estavam de acordo com os conceitos provenientes dos artigos e pesquisas realizadas pelos estudantes.

#### **4.3 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE POR ESTUDO DE CASO**

O caso proposto nessa atividade, na medida em que colocou em foco questões de natureza científica e socioeconômica, propiciou a articulação entre os conteúdos científicos e seu contexto de estudo, fazendo com que os alunos pudessem melhor compreender o mundo social no qual estão inseridos e desenvolvessem sua capacidade de tomada de decisão com mais consciência e responsabilidade, comprometendo-se com a cidadania (SANTOS, 2007).

Conforme abordamos, o estudo de caso é um trabalho investigativo, que aborda temas sociais, culturais, ambientais, favorecendo o processo de ensino aprendizagem. O uso desse recurso possibilita a decisão frente a problemas

reais que mediante análise de fatos e compreensões com assuntos que estão inseridos no cotidiano, possibilita refletir sobre as possíveis causas em questão.

O conhecimento desses tais aspectos por parte dos professores e alunos pode favorecer a difusão do método, visto que, existem vários trabalhos publicados que utilizam esse método em sala de aula, apresentando potencial frente à argumentação, interdisciplinaridade e trabalhos em grupos.

Nesta perspectiva, Gallucci (2005) relatou uma experiência em que alunos de um curso introdutório de biologia leram o artigo intitulado “A Randomized, Controlled Trial of the Effects of Remote, Intercessory Prayer on Outcomes in Patients Admitted to the Coronary Care Unit” publicado na revista *Archives of Internal Medicine*, que serviu de base para questionamentos acerca do método científico empregado na execução da pesquisa.

Santos e colaboradores, por sua vez, relataram uma experiência realizada em uma disciplina de físico-química na qual os alunos leram artigos científicos da área. Durante a realização da atividade os alunos fizeram questionamentos relacionados não apenas ao conteúdo científico dos artigos como também sobre o seu processo de produção e, conseqüentemente, sobre o próprio processo de construção da ciência.

No que se refere a capacidade de compreender o papel dos agentes causadores de poluição, observamos que os alunos reconheceram os principais poluentes causados pela queima do carvão da usina termelétrica, isso foi um fato identificado várias vezes no estudo de caso, tais conceitos foram sendo apropriados à medida que eles se engajavam no estudo de caso com foco nas soluções.

O método do estudo de caso consiste na utilização de narrativas, sobre dilemas vivenciados por indivíduos que necessitam tomar decisões ou buscar soluções para esses problemas enfrentados e o uso de ferramentas que utilizam essa tomada de decisão, vem crescendo significativamente no ensino de química, principalmente na área de química ambiental.

Com a abordagem química feita pelo estudo de caso pudemos notar que os alunos, que no começo apresentavam uma dificuldade grande na percepção e apropriação dos conceitos químicos trabalhados, agora se sentem mais seguros com o assunto e, além disso, apresentam melhorias no processo de

ensino aprendizagem. O avanço na habilidade de pesquisa e argumentação é um fator determinante na aplicação do estudo de caso em questão.

Para Villani e Nascimento (2003, p. 189), a argumentação é uma atividade social, intelectual e de comunicação verbal e não verbal utilizada para justificar ou refutar uma opinião, desempenhando papel central na construção de explicações, modelos e teorias, precisando ter significado e relevância para a vida dos estudantes.

Capecchi e Carvalho (2000, p. 172) acreditam que o espaço destinado para a fala dos alunos e, mais especificadamente, para a argumentação em sala de aula é de fundamental importância, uma vez que por meio da argumentação os estudantes entram em contato com algumas habilidades importantes dentro do processo de construção do conhecimento científico.

Encontrar caminhos metodológicos que ajudem os estudantes a realizar atividades que levam em consideração suas experiências, interesses, e que estimulem o pensamento crítico e ajude na participação de decisões de caráter sociocientífico, é de vital importância para um bom encaminhamento do processo de aprendizagem do aluno e o estudo de caso estimula essa tomada de decisão frente aos problemas presentes no âmbito educacional.

Com o desenvolvimento do projeto, também foi possível visualizar a potencial contribuição dessa ferramenta para o processo de ensino aprendizagem desenvolvido durante esses encontros em sala de aula. Dessa forma, acredito na relevância de atividades que estimulem a tomada de consciência e decisão dos alunos frente a problemas reais, dentro do âmbito educacional.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolver desta atividade, procurou-se demonstrar algumas maneiras de se realizar uma investigação sobre as percepções dos estudantes a respeito do desenvolvimento da capacidade argumentativa dos mesmos, além de proporcionar o desenvolvimento de outras habilidades, de caráter formativo, como comunicação oral e escrita, trabalho em grupo, tomada de consciência, senso social, econômico e posicionamento crítico. Tendo em vista a observação das atividades propostas, os alunos se tornaram seres ativos no processo de aprendizagem, bem como a relação significativa deles com o tema e com aspectos sociais e econômicos no contexto inserido.

Ao analisar este trabalho, verifica-se que houve uma melhoria ao comparar o pré-teste e o pós-teste, pois levou o aluno a ter um maior conhecimento sobre todos os problemas ambientais que estão ao seu redor, que na maioria das vezes são tratados como algo superficial. A discussão sobre temas que geram uma problematização em sala de aula, respondem com maior clareza e convicção o exercício proposto, observando-se uma maior conscientização por parte deles sobre determinados temas em sala de aula.

A aplicação do método de resolução de estudo de caso, reflete sobre as possíveis causas de um determinado problema, que devido a circunstâncias específicas causam efeitos e adversidades sociais e ambientais. Os preceitos a respeito da técnica do estudo de caso, leva o leitor a uma reflexão sobre o papel do aluno como principal agente receptor e transmissor de conhecimentos adquiridos ao longo das atividades e percebe-se nos resultados que o aluno desenvolveu o papel de construtor de conhecimentos diante da metodologia aplicada.

Desta forma consideramos relevante a atividade proposta para os estudantes, mediante os esforços enviados na resolução do estudo de caso. Acreditamos que a proposta de ensino teve uma boa receptividade junto aos alunos e se mostrou adequada para desenvolver a capacidade argumentativa dos mesmos, além de proporcionar o desenvolvimento de outras habilidades citadas no trabalho.

Desta forma ao investigar o processo de ensino de química na educação básica, percebe-se a importância que esta temática exerce no desenvolvimento do processo educacional, visto que, existem muitas pesquisas de cunho ambiental e social a se investigar. Uma visão ampla sobre a discussão de temas em sala de aula se faz necessário para a construção de conhecimentos científicos, tornando-se o aluno o principal detentor e transmissor destes conhecimentos.

Trabalhos como estes surgem como alerta para implantar nas escolas uma maior conscientização ambiental, sobre a importância e preservação do meio ambiente, para que a degradação deste não se torne cada dia pior, pois precisamos deste meio para sobrevivermos. Com o decorrer dos anos, a poluição tem afetado em níveis alarmantes nossa sociedade, perdendo assim a qualidade de vida e alguns recursos indispensáveis para a manutenção da mesma. Desta forma deixo um desafio para que a comunidade científica busque um olhar mais atento sobre essas questões ambientais, que muito tem contribuído para o estudo do efeito estufa, aquecimento global entre outros meios.

## 6. REFERÊNCIAS

- AKPINAR, S.; OZTOP, H.; KAVAK AKPINAR, E. **Evaluation of relationship between meteorological parameters and air pollutant concentrations during winter season in Elazığ**, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.146, n.1 - 3, p.211 - 224, 2008.
- AMARAL, Ionara, B. et al. **Qualificando o Processo Ensino e Aprendizagem: Construindo a Educação Ambiental no Ensino fundamental**. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. 2009. Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ABRAPEC, 2009.
- AUSUBEL, D. P. **Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento**. Buenos Aires: El Ateneo, 1973.
- AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.
- BASU, M., Pande, M., Bhadoria, P.B.S, Mahapatra, S.C. **Potential fly-ash utilization in agriculture: A global review**. *Progress in Natural Science* 19, p. 1173-1186, 2009.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Prentice Hall: São Paulo, 2ª. Edição, 2005.
- BRASIL. **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias: Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Perfil analítico do carvão**. 2.ed. Porto Alegre, 1987. 140p. Boletim Técnico 6.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Informativo Anual da Indústria Carbonífera**, DNPM, Brasília, 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. PCN+. **Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Volume 2: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias Ensino Médio. Brasília, 2006.
- BRIDGMAN, H.A.; DAVIES, T.D.; JICKELLS, T.; HUNOVA, I.; TOVEY, K.; BRIDGES, K.; SURAPIPITH, V. **Air pollution in the Krusne Hory region, Czech Republic during the 1990**. *Atmospheric Environment*, v.36, n.21, p.3375 - 3389, 2002.

BRUYNE, P.; HERMAN, J.; SCHOUTHEETE, M. **Dinâmica da pesquisa em ciências sociais: os pólos da prática metodológica**. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977. 251 p.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ D.; CARVALHO de, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (organizadores). **A necessária renovação do ensino de Ciências**. 2. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2011. 264 p.

CAMPOS, L.M.L.; PEREIRA, L.M.; CAMARGO, M.O.; PRESSATO, D. **O ensino de Ciências na perspectiva crítica: mapeamento o conhecimento de licenciandos**. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, XI ENPEC. UFSC, 2017.

CAPECCHI, M.C.V.M. e CARVALHO, A.M.P. **Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos**. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 3, p. 171-189, 2000.

CARDOSO, A. FRANCO, A. **Algumas reações do enxofre de importância ambiental**. *Química Nova na Escola*, nº 15, MAIO, 2012.

COELHO, S. Z. S. M. **Uma análise estatística com vistas à previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorotrópicas na cidade de São Paulo. 2007**. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

DENZIN, Norman K; LINCOLN, Yvonna S. (Editores). **Handbook of qualitative research**. (2 Ed.). Thousand Oaks, Califórnia: Sage Publications. 2000. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL, 2001. **BALANÇO MINERAL BRASILEIRO**. Disponível em: <http://www.dnprn.gov.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0366-2.pdf> Acesso em: 28 abril. 2018.

DRIVER, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1999). **Constructing scientific knowledge in the classroom**. *Educational Researcher*, n. 7, p. 5-12, 1994. Tradução de Mortimer, E. **Construindo conhecimento científico em sala de aula**. *Química Nova na Escola*, n. 9, 31-40.

DRIVER, R. et al. **Construindo conhecimento científico na sala de aula**. *Revista Química Nova na Escola*. p. 31 – 40. Maio, 1999.

DRIVER, R., NEWTON, P. e OSBORNE, J. (2000). **Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms**. *Science Education*, 84 (3), p. 287-312.

DUSCHL, R. **Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals**. Review of research in Education, v. 32(1), 2008.

EISINGER, M. e BURROWS, J. **Tropospheric sulfur dioxide observed by the ERS-2 GOME instrument**. Geophysical Research Letters, v.25, n.22, p.4177 - 4180, 1998.

FELTRE, Ricardo. **Fundamentos da química**. 2. Ed. São Paulo: Moderna, 1996. p.111. Adaptado.

GALLUCCI, K.; *J. Coll. Sci. Teach.* **2004**, 33, 32.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de ciências**, Química Nova na Escola. 10, 43-49, 1999.

HALMENSCHLAGER, Karine R. **Problematização no ensino de Ciências: uma análise da Situação de Estudo**. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 12, 2011. Campinas. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0366-2.pdf> Acesso em: 23 abril. 2018.

HERREID, C. F.; *J. Coll. Sci. Teach.* **1998**, 27, 163.

HORGNIES, M.; DUBOIS-BRUGGER, I.; GARTNER, E.M. **NO<sub>x</sub> de-pollution by hardened concrete and the influence of activated charcoal additions**. Cement and Concrete Research, v.42, p.1348 - 1355, 2012.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010 Disponível em: [www.censo2010.ibge.gov.br/sinipse/index.php?dados=29&uf=43](http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinipse/index.php?dados=29&uf=43) Acesso: 18/10/2017

ILIC, I.Z.; ZIVKOVIC, D.T.; VUSOVIC, N.M.; BOGDANOVIC, D.M. **Investigation of the correlation dependence between SO<sub>2</sub> emission concentration and meteorological parameters: case study DBo (Serbia)**. Journal of Environmental Science and Health, Part A, v.45, p.901 - 907, 2010.

INOMATA, Y.; IWASAKA, Y.; OSADA, K.; HAYASHI, M.; MORI, I.; KIDO, M.; HARA, K.; SAKAI, T. **Vertical distributions of particles and sulfur gases (volatile sulfur compounds and SO<sub>2</sub>) over east Asia: comparison with two aircraft borne measurements under the asian continental out flow in spring and winter**. Atmospheric Environment, v.40, n.3, p.430 - 444, 2006.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; BUSTAMANTE, J. D.; **Enseñanza de las Ciencias** 2003, 21, 359.

JUNIOR, Arlindo Phillippi. ROMÉRO, Marcelo de Andrade. BRUNA, Gilda Collet. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004.

KORTLAND, K. **An STS case study about student's decision making on the waste issue.** Science Education, v. 80, n. 6, p. 673-689, 1996.

KROTKOV, N.A.; CARN, S.A.; KRUEGER, A.J.; BHARTIA, P.K.; YANG, K. **Band residual difference algorithm for retrieval of SO<sub>2</sub> from the aura ozone monitoring instrument (OMI); IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.44, n.5, p.1259 - 1266, 2006.

KRUGER, J. G.; LEITE, S. Q. M.; **O ensino de química no curso técnico integrado PROEJA em metalurgia e materiais (IFES campus Vitória): análise das percepções discentes.** Ciência e Cognição. Vol 15 (1): p.171-186, 2010.

KUHN, Deanna. **Education for thinking.** Cambridge: Harvard University Press, 2005.

KUHN, Deanna. **The skills of argument.** Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

KULMALA, M.; VEHKAMAKI, H.; PETAJA, T.; DAL MASO, M.; LAURI, A.; KERMINEEN, V.M.; BIRMILI, W.; MCMURRY, P.H. **Formation and growth rates of ultrafine atmospheric particles: a review of observations.** Journal of Aerosol Science, v.35, p.143 - 176, 2004.

LUVSANA, M-E.; SHIE, R-H.; PUREVDORJ, T.; BADARCH, L.; BALDORJ, B.; CHAN, C-C. **The influence of emission sources and meteorological conditions on SO<sub>2</sub> pollution in Mongolia.** Atmospheric Environment, v.61, p.542 - 549, 2012.

MARIO, M. P. J. **Poluição atmosférica como condicionante no processo de ocupação do espaço urbano: Análise na cidade de Porto Alegre, RS.** 2012.

MONTEIRO, Kathia Vasconcelos. **Carvão: o combustível de ontem.** Porto Alegre: Núcleo Amigos da Terra. Brasil, 2004. [http://www.natbrasil.org.br/Docs/carvao\\_combustiveldeontem.pdf](http://www.natbrasil.org.br/Docs/carvao_combustiveldeontem.pdf) Acesso em: 10/07/2014.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999.

MORTIMER, E. F. **Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?** Investigações em Ensino de Ciências, v. 1, nº. 1, 1996.

MUNFORD, D.; TELES, A.P.S.S. **Argumentação e a construção de oportunidades de aprendizagem em aulas de ciências.** Revista Ensaio, v.17, 2015.

OLIVEIRA, R. CACURO, T. FERNANDES, S. IRAZUSTAIS, S. **Aprendizagem significativa, educação ambiental e o ensino de química: uma experiência realizada em uma escola pública.** Rev. Quím, 2016.

OMS – ORGANIZACIO MUNDIAL DE LA SALUD. **Las directrices sobre la calidad del aire en la proteccion de la salud publica: actualizacion mundial.** Nota descriptiva, nº 313, octubre de 2006, p. 1 a 5, [www.who.int/e](http://www.who.int/e), acessado em 25 de maio de 2018.

ONU (UN) United Nations Environment Programme (UNEP), **Healthy Environment, Healthy People. Towards a pollution-free planet.** Reporto f the Executive Director. Nairobi, 2017. Disponível em <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17602/K1602727%20F%205%20Eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> e [https://papersmart.unon.org/resolution/uploads/25\\_19october.pdf](https://papersmart.unon.org/resolution/uploads/25_19october.pdf)

PAN, G.; ZHANG, S.; FENG, Y.; TAKAHASHI, K.; KAGAWA, J.; YU, L.; WANG, P.; LIU, M.; LIU, Q.; HOU, S.; PAN, B.; LI, J. **Air pollution and children's respiratory symptoms in six cities of northern China.** *Respiratory medicine*, v.104, n.12, p.1903 - 1911, 2010.

RAPANTA, Chrysi; GARCIA-MILA, Merce; GILABERT, Sandra. **What is meant by argumentative competence? An integrative review of methods of analysis and assessment in education.** *Review of Educational Research*, v. 83, n. 4, p. 483-520, 2013.

ROHDE, G. M., Zwonok, O., Chies, O., Da Silva, N. L. W. **Cinzas de carvão fóssil no Brasil: Aspectos Técnicos e Ambientais.** Porto Alegre: CIENTEC, v. 1, 202 p., 2006.

SÁ, L.P.; Francisco, C.A.; Queiroz, S.L. **Estudos de caso em química.** *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 3, 731-739, 2007.

SÁ, L.P. e QUEIROZ, S.L. **Estudo de caso no ensino de química.** Campinas: Átomo, 2009.

SÁ, L.P. **Estudo de casos na promoção da argumentação sobre questões sociocientíficas no ensino superior de química.** 2010. 278f. Tese (Doutorado em Química).

SANTOS, W.L.P. e SCHNETZLER, R.P. **Educação em química: compromisso com a cidadania.** 3. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

SANTOS, W. L. P. & Mól, G. S. (Coords.). (2005). **Química & Sociedade: uma proposta de ensino de Química para a educação básica.** São Paulo: Nova Geração.

SANTOS, W.L.P. e SCHNETZLER, R.P. **Educação em química: compromisso com a cidadania.** 3. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

SANTOS, W.L.P. **Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica.** *Ciência & Ensino*, v. 1, número especial, p. 1-12, 2007.

SAVIANI, D. **História das ideias pedagógicas no Brasil**. Campinas: Autores Associados, 2007.

TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. Trad. Reinaldo Guarany. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

VAN EEMEREN, F. H. et al. **Fundamentals of argumentation theory: A handbook of historical backgrounds and contemporary developments**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2002.

VERHEGGEN, B.; MOZURKEWICH, M. **Determination of nucleation and growth rates from observation of a SO<sub>2</sub> induced atmospheric nucleation event**. Journal of Geophysical Research, v.107, n.11, p. AAC 5-1 - AAC 5-12, 2002.

VILLANI, C.E.P. e NASCIMENTO, S. S. **A argumentação e o ensino de ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física do ensino médio**. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 3, p. 187-209, 2003.

WANG, M.; ZHU, T.; ZHANG, J.P.; ZHANG, Q.H.; LIN, W.W.; LI, Y.; WANG, Z.F. **Using a mobile laboratory to characterize the distribution and transport of sulfur dioxide in and around Beijing**. Atmospheric Chemistry and Physics, v.11, n.6, p.11631 - 11645, 2011.

XIAOLIN, L.; YUANXUN, Z.; MINGGUANG, T.; JIANGFENG, L.; LIANGMAN, B.; GUILIN, Z.; YAN, L.; ATSUO, I. **Atmospheric lead pollution in fine particulate matter in Shanghai, China**. Journal of Environmental Sciences, v.2, n.1118 - 1124, 2009.

YANG, S.; YUESI, W.; CHANGCHUN, Z. **Measurement of the vertical profile of atmospheric SO<sub>2</sub> during the heating period in Beijing on days of high air pollution**. Atmospheric Environment, v.43, n.2, p.468 - 472, 2009.

ZANELLA, R.1988. **Investigação dos problemas ambientais relacionados com a exploração intensiva e a queima do carvão mineral termoelétrico em Candiota, RS**. Santa Maria, 1988. 82p. Dissertação (Mestrado em Química) – Curso de Pós-Graduação em Química da UFSM.