

## ESTUDANDO A FÍSICA DO EFEITO ESTUFA NO 9º ANO: UMA ABORDAGEM VISANDO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

*Studying physics of greenhouse in 9th year: approach aimed meaningful learning*

**Jefferson Adriano Neves** [jefferson.neves@ifrj.edu.br]

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Volta Redonda, RJ, Brasil.*

**Iraziet da Cunha Charret** [iraziet@gmail.com]

*Departamento de Ciências Exatas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil*

**Sylvestre Aureliano Carvalho** [sylvestre.carvalho@ufv.br]

*Departamento de Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil*

### Resumo

Neste trabalho são discutidos os resultados referentes à utilização de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que aborda o tema Efeito Estufa que tem por objetivo discutir o conceito de energia no ensino fundamental. A unidade de ensino está baseada no uso de um laboratório virtual, disponibilizado pelo “*Physics Education Technology*” (PhET) e tem como embasamento teórico os estudos de Ausubel e Novak sobre Aprendizagem Significativa. As atividades foram realizadas ao longo do ano de 2014 em duas turmas do nono ano do ensino fundamental de um colégio da rede privada, localizado no município de Lavras, Minas Gerais. No entanto, este trabalho apresenta a análise dos dados referentes a apenas uma destas turmas. Esta análise, de caráter qualitativo, foi inspirada no Método de Análise de Conteúdo com o objetivo de compreender os significados trocados entre estudantes e professor. Os resultados da análise da unidade de ensino mostraram que a maioria dos estudantes compreendeu o efeito estufa bem como a maneira como ele influencia a temperatura do planeta.

**Palavras-chave:** Ensino de Física; Ensino Fundamental; Aprendizagem Significativa; Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; Efeito Estufa.

### Abstract

This paper discusses the results regarding the use of a Potentially Significant Teaching Unit (PSTU), which deals with the Greenhouse Effect, which aims to discuss the concept of energy in elementary education. The teaching unit is based on the use of a virtual laboratory, provided by the Physics Education Technology (PhET) and is based on theoretical studies of Ausubel and Novak on Significant Learning. The activities were carried out during the year 2014 in two classes of the ninth year of elementary school of a private school college, located in the municipality of Lavras, Minas Gerais. However, this paper presents the analysis of the data referring to only one of them. This qualitative analysis was inspired by the Content Analysis Method in order to understand the meanings exchanged between students and teachers. The results of the unit analysis showed that most students understood the greenhouse effect as well as how it influences the temperature of the planet.

**Keywords:** Physics Teaching; Elementary School; Significant Learning; Potentially Significant Teaching Unit; Greenhouse effect.

## 1. Introdução

Atualmente, muitos investigadores sugerem que a utilização de simulações computacionais deva ser aumentada no ensino de ciências (BAKI; KOSA; GUVEN, 2009). Existem ainda evidências empíricas que mostram que a aprendizagem com simulações normalmente apresenta igual (ZACHARIA; OLYMPIOU, 2011) e, até mesmo, melhores (NSTA, 2007) resultados do que aqueles obtidos através do uso de metodologias mais tradicionais, tanto em sala de aula, quanto em laboratórios reais (BAKI; KOSA; GUVEN, 2009).

As simulações interativas, como as disponíveis no simulador *PhET* (*Physics Education Technology*), podem proporcionar uma ponte entre a figura estática, presente nos livros didáticos, e o conhecimento científico processual (KOLLOFFEL et al., 2009), além de permitir a integração entre atividades formais e computacionais (FINKELSTEIN et al., 2005). Essa ferramenta pode contribuir para a aprendizagem significativa dos conceitos de física e incentivar os estudantes no desenvolvimento da sua autonomia, pois eles podem fazer uso em computadores de suas casas ou na própria escola em horários extraclasse (BEICHNER; SAUL, 2003).

Sabe-se que para a aprendizagem por investigação ser efetiva, do ponto de vista da compreensão dos estudantes, é necessário que a metodologia empregada e os materiais didáticos utilizados no processo de ensino-aprendizagem sejam coerentes, estruturados do ponto de vista lógico e com objetivos muito bem definidos. Para isso, é necessário pensar uma estratégia de ensino em que o aluno faça parte efetivamente do processo. Neste sentido, dois pesquisadores teóricos apresentam ideias que são importantes, complementares e que podem ser aplicadas para o desenvolvimento de novas metodologias centradas nos estudantes, a saber, Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANSIAN, 1980) e Novak (NOVAK; GOWIN, 1988).

Nessa perspectiva, o presente trabalho apresenta uma experiência, considerada exitosa, realizada em sala de aula no nono ano do Ensino Fundamental em uma escola da rede privada do município de Lavras-MG. Foi desenvolvido um conjunto de atividades organizadas em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), com objetivo de abordar o tema Efeito Estufa a partir de atividades orientadas e do uso de simulações computacionais disponíveis no *PhET*. As teorias de ensino e aprendizagem de Ausubel e Novak foram usadas para embasar a construção da UEPS e utilizá-la com os estudantes. O processo de construção do conhecimento por parte dos estudantes ao longo do desenvolvimento dessas atividades foi analisado com base nos registros realizados durante os trabalhos em sala de aula.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: na seção (1.1) é apresentado o referencial teórico que diz respeito à compreensão do processo de construção do conhecimento e a aprendizagem, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak e a utilização de recursos didáticos e computacionais. Na seção (2), apresentamos brevemente a Unidade de Ensino e a ação em sala de aula e na seção (3) é apresentada a metodologia de pesquisa. Na seção (4), apresentamos os dados e algumas considerações baseadas nos resultados obtidos. Na seção (5), tecemos as considerações finais sobre o desenvolvimento da unidade de ensino e sua realização em sala de aula.

### 1.1. Referencial Teórico

A forma mais tradicional de ensino utilizada ao longo dos anos pelos professores de ciências foi, e ainda é centrada no professor, onde a ênfase está na aprendizagem do conhecimento fatural e formal, com a utilização quase que exclusiva do livro didático. Para muitos professores o livro é a única referência e é esse quem define a ordem e os conteúdos a serem trabalhados em sala de aula (NEVES; VALADARES, 2004; BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2000). Nesta abordagem, os estudantes muitas vezes apresentam-se passivos e têm menos oportunidades para apresentar as

concepções que estão sendo desenvolvidas por eles durante a aprendizagem.

Na metodologia tradicional, o ensino tem foco conteudista, desconexo da realidade e sem significado para os estudantes. Além disto, não são fornecidos subsídios para que eles possam compreender a importância da física para o desenvolvimento da sociedade e a sua relação com a tecnologia e o meio ambiente. Os estudantes, que são naturalmente curiosos, vão perdendo o interesse pela Física no decorrer de sua vida escolar por encontrar esse ensino desestimulante. Em muitos casos, essa falta de motivação é irreversível, levando-os a acreditar que a Física é uma disciplina difícil, para “malucos”, composta por um amontoado de fórmulas e sem utilidade no dia a dia. Essa falta de interesse, entre outros fatores, está relacionada a uma metodologia de ensino praticada em sala de aula que não prioriza a construção do conhecimento numa perspectiva construtivista (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007; PASQUALETTO, 2011). Nessas situações, o ensino pode ser considerado como um processo de transmissão e recepção, denominado por Paulo Freire como *educação bancária*, onde os estudantes recebem o conhecimento e os replicam em situações idênticas (LINS, 2011).

Uma das maneiras de se substituir a metodologia tradicional é através da utilização de ferramentas metodológicas, diretrizes educacionais e estudos que orientam e podem tornar o ensino-aprendizagem em Física mais elucidado e atraente (PASQUALETTO, 2011). Especificamente, no caso da Física, uma maneira de incluir novas metodologias pode ser através do incentivo à utilização de laboratórios experimentais e virtuais. Esses ambientes podem contribuir para melhorias no ensino de ciências, pois permitem que os estudantes manipulem e explorem a fenomenologia física do experimento, seja real ou virtual, construindo hipóteses e testando-as.

Alguns pesquisadores relatam a necessidade de que o ensino de ciências, e claro o de Física, devam ocorrer de maneira contextualizada, atualizada e com significado, tendo os estudantes como o centro do processo de ensino e aprendizagem (BELLUCCO; CARVALHO, 2014; CARVALHO, 2011; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007; SASSERON; CARVALHO, 2008). Também as diretrizes educacionais incentivam a criação de um ambiente construtivista, que possibilite aos estudantes a compreensão dos assuntos estudados para refletir e explicar os diversos problemas da vida cotidiana (BRASIL, 2013). Esses pressupostos são indispensáveis para a formação de um cidadão crítico e cientificamente letrado.

Apesar dos resultados das pesquisas em Ensino de Física mostrarem a importância da introdução de atividades em que os estudantes se encontrem ativos nas aulas de ciências, como por exemplo, através do uso de experimentos e de simulações computacionais, é possível identificar que tal medida ainda é bastante discreta nas salas de aula. Uma das possibilidades apontadas para explicar a dificuldade para inserção deste tipo de atividade está associada com a falta de materiais educacionais propostos dentro dessa perspectiva. Além disso, em muitos casos, inexitem nas escolas ambientes adequados, como laboratórios experimentais e computacionais e, nem mesmo salas de aula com espaço suficiente para que a metodologia de ensino se concretize (ARAÚJO; ABIB, 2003). No caso de atividades que envolvam experimentos em Física, a maioria das escolas não possui equipamentos e salas disponíveis para a realização deste tipo de atividade. Por outro lado, a utilização de simulações computacionais pode ser mais viável, uma vez que algumas escolas já possuem salas com computadores, que podem ser utilizados para o uso de aplicativos (ou *softwares*) gratuitos disponíveis, tais como o *PhET*<sup>1</sup> e o *NOA*<sup>2</sup> (ARANTES; MIRANDA; STUDART, 2010). Mas, mesmo

1

Disponível em: [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/greenhouse](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/greenhouse), acessado em 04/06/2015

2

Disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/index.html>, acessado em 06/08/2015.

neste caso, não se verifica a disseminação deste tipo de prática.

Outra maneira de contribuir para a melhoria do ensino-aprendizagem é compreender o processo de desenvolvimento cognitivo. Dos teóricos que apresentaram contribuições sobre o processo de desenvolvimento cognitivo, podemos destacar os estudos de Ausubel (MOREIRA, 1999, 2008a, 2009, 2010, 2012) e Novak (NOVAK; GOWIN, 1988). No que diz respeito a aprendizagem, pode-se destacar a existência de três tipos básicos de aprendizagem: a cognitiva, a afetiva e a psicomotora. O objeto de estudo de Ausubel e Novak foi a aprendizagem cognitiva, sendo por eles classificada em dois tipos: (a) a Aprendizagem Significativa, apresentada como um processo de interação cognitiva, no qual os novos conceitos e os prévios, comumente chamados de subsunçores, interagem significativamente e de forma não arbitrária, modificando os conceitos prévios; e (b) a Aprendizagem Mecânica, processo pelo qual os conceitos são absorvidos sem serem ancorados a nenhum conceito existente na estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja, os conceitos não interagem significativamente com a estrutura cognitiva preexistente (AUSUBEL; NOVAK; HANSIAN, 1980).

Com o objetivo de proporcionar a construção de uma aprendizagem significativa, Ausubel apresentou duas condições necessárias: (i) o *material educacional* deve ser relacionável à estrutura cognitiva do estudante de maneira não arbitrária e não literal, ou seja, o material deve ser *potencialmente significativo* para o indivíduo; e a (ii) necessidade de uma *pré-disposição para aprender* – sem a vontade do indivíduo a aprendizagem não ocorrerá. Essas condições são necessárias, mas não suficientes para que ocorra a aprendizagem e que ela seja significativa.

Caso o aluno não possua os subsunçores que lhe permitam dar significados ao material educacional, Ausubel apresenta os *organizadores prévios* como uma possível solução (MOREIRA, 2008b). Os *organizadores prévios* são materiais introdutórios com alto nível de abstração, generalidade e inclusividade, seja na forma de texto, filme, discussão, dramatização, frase ou pergunta, que poderão servir de ponte entre aquilo que o aluno já sabe e o que deveria saber. Os organizadores prévios são estratégias para manipular a estrutura cognitiva do aluno com o objetivo de facilitar a aprendizagem, fornecendo “pontes” para estabelecer relações entre ideias, proposições e conceitos já existentes, tornando o material educacional potencialmente significativo (MOREIRA, 2008b).

Para Novak, a aprendizagem cognitiva pode ser pensada através de eventos educativos. Esses eventos são ações para trocar significados (pensar) e sentimentos entre professor e estudante, pois ele considera que todos os seres humanos pensam, sentem e agem (inter-agem) (NOVAK; GOWIN, 1988). Essa troca de sentimentos está diretamente relacionada com a predisposição para aprender, sendo ela uma das condições apresentadas por Ausubel para o desenvolvimento da Aprendizagem Significativa. Todos os eventos educativos envolvem o aprendiz, o professor, o conhecimento, o contexto e a avaliação (MOREIRA, 1999, 2009), que devem interagir para que o desenvolvimento de uma aprendizagem seja significativa. Assim, quanto mais aprendem significativamente, mais predispostos a aprender os estudantes se tornam.

Levando em consideração as teorias de Ausubel e Novak, desenvolveu-se 4 objetivos instrucionais a seguir, propostos por Moreira (1999, 2009) para a construção da UEPS sobre efeito estufa: (i) identificar os conceitos e princípios unificadores do conteúdo; (ii) identificar quais são os subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, (iii) diagnosticar aquilo que o estudante já sabe; determinar, dentre os subsunçores especificamente relevantes, quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva desse estudante; (iv) ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa.

Além de buscar ferramentas que facilitem o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa, é importante buscar mecanismos para avaliar o desenvolvimento dessa aprendizagem. Para (MOREIRA, 2009, 2012), “a avaliação da aprendizagem significativa implica a compreensão,

captação de significados, capacidade de transferência do conhecimento a situações não conhecidas, rotineiras”. Durante esse processo, é de extrema importância permitir que o estudante refaça seu percurso, buscando externalizar os significados captados, explicando-os e justificando-os.

## 2. Da Unidade de Ensino à ação em sala de aula

Com o objetivo de proporcionar um ambiente de sala de aula que privilegie o pensar, o relacionar, o refletir e o fazer, desenvolvemos uma UEPS (MOREIRA, 2011), denominada “*Efeito Estufa: O Planeta em Ação*”<sup>3</sup>, no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), no Polo da Universidade Federal de Lavras. O objetivo desta UEPS é estudar o Efeito Estufa em uma perspectiva onde os estudantes estejam centrados no processo de ensino, isto é, sejam responsáveis pela construção do próprio conhecimento, desenvolvendo suas habilidades investigativas. No quadro 01 é apresentada a organização da unidade de ensino e os objetivos educacionais.

A UEPS “*Efeito Estufa: O Planeta em Ação*” foi produzida no ano de 2014 e desenvolvida em duas turmas do nono ano do Ensino Fundamental em um colégio particular, localizado no município de Lavras, situado no sul do estado de Minas Gerais. Esta escola conta com salas equipadas com computadores em número suficiente para atender a todos os estudantes e permitir o desenvolvimento da proposta contida na UEPS. As atividades foram inseridas no planejamento do professor para finalizar o estudo de termologia no nono ano do Ensino Fundamental. O plano de ensino de termologia desenvolvido com as turmas abrange os conceitos de calor, temperatura e transferência de calor por condução, convecção e irradiação. Após o desenvolvimento teórico/conceitual destes temas, a UEPS foi utilizada com o intuito de relacionar os conceitos estudados previamente, aplicando-os para entender um problema vivenciado pela sociedade moderna e que tem alto apelo midiático: o Efeito Estufa. O desenvolvimento das atividades previstas na UEPS compreendeu um total de quatro aulas de cinquenta minutos cada.

**Quadro 01:** Distribuição das aulas, seus objetivos educacionais e os recursos didáticos necessários para o seu desenvolvimento. A denominação AT representa atividade, que variaram de 1 a 4.

Aulas	Objetivos Educacionais	Recursos Didáticos
Aula 1 – Investigando concepções prévias	1. Explicitar a compreensão sobre o efeito estufa e sua relação com a variação de temperatura. 2. Saber que a temperatura de um sistema depende do balanço entre a energia que entra e a energia que sai dele.	AT01: Compreendendo o efeito estufa
Aula 2 – Construindo o modelo: estudando uma estufa	3. Compreender o efeito estufa em termos da diferença entre a energia recebida do Sol e a energia emitida pela Terra ao ser aquecida. 4. Utilizar experimentos com o objetivo de fazer inferências.	AT02: Introdução do Efeito Estufa – Simulador PhET
Aula 3 – Aplicando o modelo: estudando os gases na atmosfera	5. Compreender que a atmosfera é transparente para a luz branca, mas relativamente opaca para a radiação infravermelha.	AT03: Compreendendo o Efeito Estufa na Terra – Simulador PhET

3

A UEPS *Efeito Estufa: O Planeta em Ação* está disponível no link (<http://lite.dex.ufla.br/moodle26/mod/data/view.php?id=56&rid=107>), juntamente com uma discussão do uso e seus resultados.

6. Compreender o fenômeno do efeito estufa e seus causadores e suas consequências para a vida do homem.

7. Utilizar experimentos com o objetivo de fazer inferências.

8. Ler artigos de divulgação científica.

Aula 4 – O efeito estufa 9. Produzir textos dissertativos sobre “O Efeito estufa e sua implicação para a vida do homem”. AT04: Efeito Estufa

A primeira aula foi realizada com a finalidade de identificar como os estudantes explicavam o Efeito Estufa e como eles relacionavam a influência desse efeito com a regulação da temperatura do planeta. Nos trinta minutos iniciais, os estudantes responderam, de forma escrita e individual, questões que funcionaram como organizadores prévios sobre o tema que seria estudado nas aulas seguintes. Foi utilizado um breve texto introdutório como material educacional que contextualiza o Efeito Estufa, seguido das seguintes questões: (i) O que é o Efeito Estufa?; (ii) Como os gases do Efeito Estufa afetam o clima? (iii) O Efeito Estufa só apresenta caráter maléfico? Os vinte minutos finais da aula foram dedicados à apresentação da página da web do *PhET*, mais especificamente, o simulador “*Efeito Estufa*”<sup>4</sup>, que foi utilizado nas duas aulas seguintes. Esse momento serviu para instigar e motivar os estudantes para o estudo do Efeito Estufa.

A segunda aula teve como objetivo a construção pelos estudantes de um modelo que permitisse compreender o Efeito Estufa e a sua relação com o clima do planeta. Para cumprir tal objetivo, os estudantes utilizaram outro roteiro estruturado, desenvolvido a partir de algumas ideias já existentes no site do *PhET*, para trabalharem com a segunda janela do simulador Efeito Estufa, denominada de “Camadas de Vidro”. Nesta janela, o simulador apresenta um ambiente no qual é possível analisar as interações (reflexão, refração e absorção) dos fótons (de luz solar e infravermelhos) com as superfícies de vidro e com a superfície da Terra. O termo fóton na simulação era compreendido pelos estudantes como sendo radiação, ou seja, como uma forma de energia que se propaga de um ponto ao outro sem o transporte de matéria.

A terceira aula foi desenvolvida com o objetivo de aplicar o modelo construído pelos estudantes na aula anterior para explicar o Efeito Estufa e as suas consequências para o clima do planeta. Para cumprir tal objetivo, os estudantes utilizaram um outro roteiro estruturado, seguindo a mesma estrutura do roteiro anterior, para explorar a primeira janela do simulador, denominada “Efeito Estufa”. Esta simulação possibilita o estudo da composição da atmosfera terrestre, para diferentes épocas cronológicas do planeta, associando a cada época diferentes composições dos gases causadores do Efeito Estufa com os seus respectivos percentuais de concentração. Nesta janela destacam-se, também, as formas de interação destes gases com a radiação emitida pelo Sol e com a radiação reemitida pela Terra, na forma de radiação infravermelha.

A última aula foi realizada com o objetivo de avaliar os conhecimentos construídos pelos estudantes sobre o Efeito Estufa. Nessa aula, eles realizaram a leitura de um texto de divulgação científica<sup>5</sup> para motivá-los a produzir o seu próprio texto para explicar o Efeito Estufa e mostrar como

4

O simulador “Efeito Estufa” foi desenvolvido pelo projeto *Physics Education Technology* disponível no link [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/greenhouse](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/greenhouse).

5

Texto de divulgação Científica publicado na Revista Superinteressante, edição de Novembro do ano 2012, por Hemerson Brandão, disponível em: <<http://super.abril.com.br/cotidiano/efeito-estufa-turbinado-735784.shtml>> acessado 05/06/2013

esse fenômeno influencia a temperatura do planeta. A avaliação ocorreu por meio da análise do texto produzido pelos estudantes.

Durante o desenvolvimento da unidade de ensino em sala de aula diversos diálogos foram estabelecidos com os estudantes, com a intenção de esclarecer as dúvidas em relação as atividades, mas sempre tendo o cuidado de não se apresentar as respostas diretamente, mas apenas fomentando a discussão e a análise das situações. Segundo Dorneles et. al (2012), muitas vezes esses diálogos favorecem a discussão e incentivam a realização das atividades, potencializando a compreensão dos conceitos envolvidos.

### 3. Metodologia da Pesquisa

O professor-pesquisador atuou como participante e observador de todos os processos de construção do conhecimento (OLIVEIRA, 2008). A verificação e análise dos dados foram feitas inspirados na Análise de Conteúdo, que se constitui por um conjunto de técnicas que buscam analisar e verificar os sentidos expressos em documentos, protocolos orais e manuscritos (BARDIN, 1977; FRANCO, 2005; MORAES, 1999).

A seleção da turma para a qual foram analisados os resultados foi realizada através de um sorteio, num espaço amostral contendo as duas turmas. A turma selecionada continha vinte e oito estudantes que tiveram seus nomes substituídos por códigos, da seguinte forma:  $A_j$ , com  $j=1, \dots, 28$ . As atividades foram identificadas por outro código da seguinte forma:  $AT_i$ , com  $i=1, 2, 3, 4$ , referente ao número das aulas contidas na UEPS. Para a análise dos resultados foram selecionados somente os estudantes que participaram de todas as atividades. Com isso, os estudantes identificados pelos códigos  $A_6, A_8, A_{15}$  e  $A_{28}$ , foram retirados da amostra inicial, resultando em 24 estudantes, que formam a amostra que está sendo avaliada nesta pesquisa.

Após a realização da análise de todas as atividades para os vinte e quatro estudantes, cinco deles foram analisados separadamente, com o objetivo de investigar em quais categorias esses estudantes se encontravam ao longo da realização da unidade de ensino e como eles transitaram de uma categoria para outra. Com essa análise esperava-se compreender o processo de construção do conhecimento desses estudantes ao longo do desenvolvimento da Unidade de Ensino, podendo assim corroborar para a avaliação da efetividade da Unidade de Ensino no que diz respeito a aprendizagem. A escolha dos estudantes ocorreu baseada nos seguintes critérios: quatro estudantes foram escolhidos aleatoriamente, dentre aqueles que mostraram, ao final do processo, compreender o Efeito Estufa e um aluno foi escolhido da mesma forma dentre aqueles que mostraram não compreensão do efeito estufa.

### 4. Dados e análise da Unidade de Ensino

A análise dos dados foi inspirada no Método de Análise de Conteúdo, como proposto por Franco (2005) e Bardin (1977), numa tentativa de compreensão do processo de construção do conhecimento e verificação se ocorreu aprendizagem significativa. Nas próximas seções serão apresentados os resultados da análise das atividades que compuseram as aulas da UEPS.

#### 4.1. Aula 1: Organizadores Prévios

A partir da análise das respostas dadas pelos estudantes na primeira atividade, identificada como  $AT_1$  foram criados três temas: compreensão sobre o Efeito Estufa; relação dos gases do Efeito

Estufa com o clima; e avaliação dos impactos do Efeito Estufa, que estão associados com as perguntas contidas na atividade. Pretendia-se, com a separação desses temas, conhecer como os estudantes organizavam sua estrutura cognitiva, para verificar o nível de progressão após a realização da UEPS. Com isso, esperava-se elucidar a maneira como eles explicam novos conceitos e situações que lhe são apresentados posteriormente. Deve-se ressaltar que as respostas apresentadas nessa aula eram facultativas, isto é, os estudantes puderam deixar algumas respostas em branco, com isso algumas categorias não somaram 100%.

Para organizar esta análise foi utilizada a seguinte codificação:  $I_{ij}$  onde  $I$  remete a palavra Investigação,  $j$  identifica a concepção investigada para o tema  $i$ , com  $j \in \{I, II, III, IV\}$  e  $i \in \{1, 2, 3\}$ .

### a) Tema 1: Compreensão sobre o Efeito Estufa

Foram identificadas quatro concepções iniciais associadas com a compreensão do Efeito Estufa pelos estudantes:

$I_{1I}$ : Identificam o Efeito Estufa como um fenômeno que ocorre devido ao acúmulo de gases na atmosfera e/ou devido à presença de uma camada de gases.

Algumas respostas características dos estudantes nesta categoria são:

- a) “Acúmulo de gases na atmosfera e/ou camada de ozônio.”
- b) “Os gases que são liberados por nós e ficam retidos na atmosfera e com isso acabam aumentando a temperatura.”

$I_{1II}$ : Identificam o Efeito Estufa como um fenômeno que ocorre devido à existência apenas da camada de ozônio.

Algumas respostas características dos estudantes nesta categoria são:

- a) “A radiação entra na terra e tem parte dela rebatida na camada de ozônio.”
- b) “A reflexão de certos raios por parte da camada de ozônio.”

$I_{1III}$ : Associam o Efeito Estufa com a capacidade que o planeta possui de armazenar calor.

Uma resposta característica dos estudantes nesta categoria é:

- a) Capacidade de armazenar o calor.

$I_{1IV}$ : Respostas inconclusivas sobre a compreensão do Efeito Estufa.

Uma resposta característica dos estudantes nesta categoria é:

- a) É uma grande massa de ar quente localizada na atmosfera, massa quente que junta com o calor da Terra, da poluição, e esquenta muito a Terra.

A tabela (1) apresenta um resumo dos resultados obtidos com a análise do tema 1. Todos os estudantes responderam a esta questão.

**Tabela 1:** Resumo dos resultados obtidos com a análise do tema 1, onde foram identificadas 4 categorias distintas.

<b>Categoria</b>	<b>Estudantes</b>	<b>Percentual (%)</b>
I <sub>1 I</sub>	04, 07, 09, 12, 13,14, 21,22	33,3
I <sub>1 II</sub>	01, 19, 20, 25, 27	20,8
I <sub>1 III</sub>	02, 26	8,3
I <sub>1 IV</sub>	03, 05 10, 11, 16, 17, 18, 23, 24	37,5

Com os dados da tabela 1 pode-se constatar que aproximadamente 33% dos estudantes compreendem o Efeito Estufa como um fenômeno que ocorre devido ao acúmulo de gases na atmosfera e/ou devido à presença de uma camada de gases; 20,8% acham que é um fenômeno que ocorre devido à existência da camada de ozônio; 8,3% associam o Efeito Estufa à capacidade que o planeta possui de armazenar calor. Aproximadamente 37% demonstram não compreender o fenômeno e, nesse caso, eles apenas listaram consequências do Efeito Estufa sem, contudo, conseguir criar uma explicação para o fenômeno.

Das categorias apresentadas na tabela 1, três delas eram esperadas. No entanto, não se esperava que os estudantes relacionassem o Efeito Estufa com a existência da camada de ozônio, categoria I<sub>1 II</sub>, mas sim que associassem o Efeito Estufa com a sua degradação. Pode-se aqui levantar duas hipóteses para tentar justificar o aparecimento desta categoria: (i) eles acreditam que a camada de ozônio é uma camada rígida que impede os gases de escapar dificultando, com isso, a “saída do calor” para o espaço; e (ii) eles associam o Efeito Estufa com uma das consequências mais citadas na mídia, que seria a destruição da camada de ozônio. Alguns exemplos que corroboram nossa tese podem ser observados nas respostas típicas associadas com a categoria I<sub>1 II</sub>, quando os estudantes afirmam que “*parte da radiação é rebatida na camada de ozônio*”, dando a ideia de que a radiação reflete em uma superfície rígida.

## **b) Tema 2: Relação dos gases do Efeito Estufa com o clima**

Foram identificadas quatro concepções iniciais associadas com a compreensão dos estudantes para a “relação dos gases do Efeito Estufa com o clima”:

I<sub>2 I</sub>: Identificam *o aumento da concentração dos gases* do Efeito Estufa como sendo responsável pelo aumento da temperatura do planeta.

Algumas respostas características dos estudantes nesta categoria são:

- a) Se gases estiver em grande quantidade o planeta ser mais quente.
- b) Os gases em excesso causam um aquecimento.

I<sub>2 II</sub>: Identificam *os gases* do Efeito Estufa como *elementos que impedem o fluxo de calor*, resultando no aquecimento do planeta.

Algumas respostas características dos estudantes nesta categoria são:

- a) Impedem a passagem de calor para o espaço.
- b) Impedem que todo o calor saia.

c) Mantém o calor na terra como bolsa térmica.

I<sub>2 III</sub>: Identificam *os gases do Efeito Estufa como elementos que absorvem a radiação* proveniente do sol, resultando no aquecimento do planeta.

Uma resposta característica dos estudantes nesta categoria é:

a) Esses gases são aquecidos e como consequência aquecem o planeta.

I<sub>2 IV</sub>: Identificam *os gases do Efeito Estufa como sendo os causadores da destruição* da camada de ozônio.

Uma resposta característica dos estudantes nesta categoria é:

a) Os gases perfuram a camada de ozônio deixam o calor do sol entrar incidentemente no planeta.

A tabela (2) mostra um resumo dos resultados obtidos com a análise do tema 02. Nessa análise apenas 12 dos 24 estudantes responderam à questão e o percentual é apresentado considerando-se o total de estudantes, somando, portanto 50%.

**Tabela 2:** Resumo dos resultados obtidos com a análise do tema 2, onde se identificou 4 categorias distintas.

<b>Categoria</b>	<b>Estudantes</b>	<b>Percentual (%)</b>
I <sub>2 I</sub>	02, 03, 07,12	16,7
I <sub>2 II</sub>	01, 04, 09, 10, 19, 26	25,0
I <sub>2 III</sub>	20	4,2
I <sub>2 IV</sub>	24	4,2

Com base na tabela 2 foi possível verificar que os estudantes: (i) associam o aumento da concentração de gases do Efeito Estufa com o aumento da temperatura do planeta (16,7%); (ii) fazem a identificação desses gases como algo que impede o fluxo de calor, resultando no aquecimento do planeta (25,0%); (iii) associam esses gases a elementos que absorvem a radiação proveniente do Sol, impedindo a sua passagem e resultando no aquecimento do planeta (4,2%); e (iv) identificam os gases do Efeito Estufa como sendo responsáveis pela destruição da camada de ozônio, que protege o planeta dos raios solares, gerando aquecimento (4,2%). Como 50% dos estudantes não responderam a esta questão, isso leva a crer que eles não conseguem identificar o Efeito Estufa como tendo alguma relação com o clima.

### c) Tema 03: Efeito Estufa: maléfico ou não?

Foram identificadas três concepções iniciais associando os “malefícios e benefícios do Efeito Estufa”:

I<sub>3 I</sub>: Identificam a importância do Efeito Estufa como agente regulador da temperatura da Terra.

Algumas respostas características dos estudantes nesta categoria são:

a) Regulam a temperatura do planeta.

b) Impede o congelamento da Terra.

c) Sem ele (o efeito estufa) o planeta seria muito gelado.

I<sub>3</sub> II: Identificam o Efeito Estufa como um fenômeno natural e essencial para a manutenção da vida.

Uma resposta característica para essa categoria é:

- a) Essencial para a vida.

I<sub>3</sub> III: Identificam o caráter maléfico do Efeito Estufa.

Uma resposta característica para essa categoria é:

- a) Maléfico em grande quantidade.

A tabela (3) mostra um resumo dos resultados obtidos com a análise do tema 03, onde se encontrou 3 categorias distintas. Nesse caso, vinte e um estudantes responderam à questão e o percentual foi calculado tendo os vinte e quatro estudantes como base.

**Tabela 3:** Resumo dos resultados obtidos com a análise do tema 3, onde se identificou 3 categorias distintas.

Categoria	Estudantes	Percentual (%)
I <sub>3</sub> I	01, 02, 04, 07, 09, 10, 12, 13, 14, 16, 19, 21, 26	54,2
I <sub>3</sub> II	07, 11	8,3
I <sub>3</sub> III	02, 16, 17, 24, 25, 27	25,0

Com base na tabela 3 foi possível constatar que a maior parte dos estudantes associa o Efeito Estufa com a manutenção e/ou extinção da vida na Terra (54,2%). No entanto, 25% dos estudantes associaram o efeito estufa apenas com características maléficas, devido a presença de grandes quantidades de gases. Os estudantes A<sub>02</sub> e A<sub>16</sub>, apesar de associarem ao efeito estufa características maléficas (I<sub>3</sub> III), também reconheceram a importância do mesmo como agente regulador da temperatura na Terra. Dos 24 estudantes 3 não apresentaram respostas à questão analisada.

Com a análise de cada um dos temas, foi possível investigar como os estudantes explicam e compreendem o Efeito Estufa. Algumas das categorias obtidas com a investigação podem ser comparadas com algumas categorias encontradas no estudo realizado por Libanore (2007). Em nosso estudo, os estudantes relacionaram o Efeito Estufa com o acúmulo de gases na atmosfera. No estudo de Libanore (2007), associaram com a poluição atmosférica. Em nossos estudos os estudantes explicaram o Efeito Estufa como sendo o aprisionamento do “calor”, na pesquisa de Libanore (2007) os estudantes explicaram o Efeito Estufa como sendo o aprisionamento dos raios ultravioletas. Uma categoria discrepante ocorreu com relação à menção a camada de ozônio. Em nossa pesquisa, os estudantes consideraram-na responsável pelo efeito estufa e na de Libanore (2007), como sendo destruída devido ao Efeito Estufa.

#### 4.2. Aula 2: A construção de um modelo teórico

Na segunda aula os estudantes realizaram uma atividade em dupla, contendo algumas questões que tinham como objetivo orientá-los na exploração da simulação e na observação de alguns aspectos específicos associados ao efeito estufa. A atividade continha um conjunto de questões que orientava os estudantes na estruturação de um modelo para explicar o efeito estufa. Este modelo deveria ser apresentado na última questão. Por isso, a análise desta última questão será apresentada aqui, pois ela deve expressar a conclusão da atividade, isto é, que modelo eles conseguiram propor.

A questão analisada foi: *Antes de proceder à simulação da Terra, utilizando a janela “Efeito Estufa”, como você pode utilizar as descobertas relativas às estufas para aplicar à Terra e à sua atmosfera?*

A partir da análise dessa questão foi possível construir três categorias, que foram codificadas da seguinte forma:  $M_i$  com  $i \in \{I, II, III\}$  e com a letra M associada a palavra Modelo. As categorias encontradas foram as seguintes:

$M_I$ : Identificam que a atmosfera, composta pelos gases do Efeito Estufa, pode se comportar como as camadas de vidro de uma estufa.

Uma resposta típica é a seguinte:

a) A atmosfera faz papel da placa de vidro.

$M_{II}$ : Identificam que as camadas de vidro podem se comportar como se fossem a camada de ozônio.

Uma resposta típica é a seguinte:

a) A camada (de vidro) é como a camada de ozônio.

$M_{III}$ : Não compreendeu e/ou não respondeu a pergunta.

Uma resposta típica é a seguinte:

a) Quanto mais quente, maior será a agitação dos fótons.

A tabela 4 mostra um resumo dos resultados obtidos com a análise dos modelos construídos pelos estudantes. Todos os estudantes responderam à questão.

**Tabela 4:** Resumo das categorias construídas pelos estudantes na tentativa de apresentar um modelo teórico para explicar o efeito estufa.

Categoria	Estudantes	Percentual (%)
$M_I$	02, 04, 05, 07, 09, 10, 11, 16, 07, 18, 20, 21, 24, 25, 26, 27	66,6
$M_{II}$	01, 14, 19, 23	16,7
$M_{III}$	03, 12, 13, 22	16,7

Com base na tabela 4 constatou-se que a maioria dos estudantes, cerca de 70%, identificou que a atmosfera, composta pelos gases do efeito estufa, pode ser comparada com as “camadas de vidro da estufa”. No entanto, as respostas apresentadas por quatro estudantes ( $A_{01}$ ,  $A_{14}$ ,  $A_{19}$  e  $A_{23}$ ) mostram que, para eles, as camadas de vidro podem ser associadas com a camada de ozônio, reforçando uma hipótese levantada anteriormente, na análise dos dados da aula 1. Outros quatro estudantes apresentaram respostas inconclusivas ou não responderam à questão.

Durante a análise das respostas dos estudantes a essa questão, verificou-se que o estudante  $A_{21}$  foi o único que apresentou a transposição do modelo com as camadas de vidro e associou as observações feitas durante a atividade com o comportamento das camadas de gases, descrevendo a interação da radiação infravermelha com esses gases. Isso pode ser constatado através da resposta desse estudante:

*“o efeito estufa funciona como as placas de vidros, absorvendo [e refletindo os] fótons infravermelhos” -  $A_{21}$ .*

### 4.3. Aula 3: Construção da explicação

Na terceira aula os estudantes realizaram uma atividade que tinha como objetivo auxiliá-los na compreensão do Efeito Estufa. Para isso, os estudantes utilizaram um simulador que permitia observar a temperatura no planeta Terra devido ao aumento do efeito estufa e ao comportamento dos fótons provenientes da radiação infravermelha e solar. Esperava-se que os estudantes utilizassem os resultados obtidos na aula anterior.

Da terceira aula foi feita a análise apenas da sétima e da nona questão. As demais questões foram utilizadas pelos estudantes como guia para a construção de uma explicação e compreensão do fenômeno, que deveria ser expresso nas questões 7 e 9. Isto se justifica, pois esperava-se que os estudantes apresentassem, no momento de responder a estas duas questões, as conclusões da atividade.

Na questão 7: *Considerando o comportamento dos fótons, porque a temperatura aumenta significativamente?*, esperava-se que os estudantes relacionassem o aumento da temperatura com a interação da radiação infravermelha com a camada de gases. Foram obtidas três categorias após a análise, que foram codificadas da seguinte forma: E<sub>7J</sub>, com J {I, II, III} e a letra E representando a palavra explicar e 7 associado com a questão analisada. As categorias encontradas foram as seguintes:

E<sub>7I</sub>: Identificam a absorção e a retenção da radiação infravermelha pelos gases como responsável pela variação da temperatura.

Algumas respostas características dos estudantes dentro desta categoria são:

- a) Os fótons infravermelhos, ..., não saem ficando preso na atmosfera, assim aumentado a temperatura.
- b) Alguns fótons são retidos nos gases.

E<sub>7II</sub>: Associam o aumento da concentração dos gases como sendo responsável pela variação da temperatura.

Uma resposta característica nesta categoria é:

- a) O aumento ocorreu devido ao aumento da concentração dos gases.

E<sub>7III</sub>: Não compreendeu e/ou não respondeu à pergunta.

Algumas respostas características nesta categoria são:

- a) Por que os fótons aumentam.
- b) Por causa do efeito estufa.

A tabela 5 mostra um resumo dos resultados obtidos com a análise da questão 7.

**Tabela 5:** Resumo dos resultados obtidos com a análise da questão 7, que abordava a compreensão dos estudantes sobre a interação dos fótons infravermelhos com as camadas de gases na atmosfera.

<b>Categoria</b>	<b>Estudantes</b>	<b>Percentual (%)</b>
E <sub>7I</sub>	01, 02, 04, 05, 07, 10, 11, 12, 16, 17, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27	70,8
E <sub>7II</sub>	09, 13, 14, 19, 22	20,8
E <sub>7III</sub>	03, 18	8,4

A partir da tabela 5 pode-se verificar que a maioria dos estudantes (70,8%) associou a absorção da radiação infravermelha pelos gases do efeito estufa com a variação da temperatura da Terra. Cinco estudantes associaram o aumento da concentração dos gases como sendo responsável pela variação da temperatura sem, no entanto, associar o aumento da temperatura como resultado da interação da radiação com essa camada de gases. Apenas quatro estudantes não responderam à questão.

Na questão 9: Compare o comportamento dos fótons nas janelas “Efeito Estufa” e “Camadas de Vidro”. Verifique as situações que mais se assemelham. Nesta questão os estudantes deveriam relacionar os conhecimentos obtidos na segunda e na terceira aula para explicar o Efeito Estufa. Foram obtidas duas categorias, codificadas da seguinte forma: E<sub>9 J</sub> com J {I, II}, a letra E representando a palavra explicar e 9 associado com a questão analisada. As categorias encontradas foram as seguintes:

E<sub>9I</sub>: Identificam que a atmosfera, composta pelos gases do efeito estufa, pode ter um comportamento modelado como as camadas de vidro.

Algumas respostas características nesta categoria são:

- Que os fótons solares penetram no vidro, mas não conseguem sair pois o vidro retém os fótons infravermelhos, a mesma coisa que acontece com o efeito estufa

E<sub>9II</sub>: Não compreendem e/ou não responderam a pergunta.

Algumas respostas características nesta categoria são:

- As nuvens e as placas de vidro ajudam na formação do clima.
- Não um vai mais lentamente e o outro mais rápido.
- Velocidade dos fótons.

A tabela (6) mostra um resumo dos resultados obtidos com a análise da questão 9.

**Tabela 6:** Resumo dos resultados obtidos com a análise da compreensão dos estudantes sobre o modelo abordado na simulação do Efeito Estufa.

<b>Categoria</b>	<b>Estudantes</b>	<b>Percentual (%)</b>
E <sub>9I</sub>	01, 02, 04, 07, 09, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27	75,0
E <sub>9II</sub>	03, 05, 12, 18, 22, 25	25,0

Com as categorias apresentadas na tabela 6, pode-se verificar que a maioria dos estudantes associou o comportamento da atmosfera, composta pelos gases do Efeito Estufa, com o comportamento das camadas de vidro, construindo um modelo capaz de explicar o aumento da temperatura a partir da presença e do aumento da concentração desses gases. Alguns estudantes constataram que, da mesma forma que quando aumentamos o número de camadas de vidro, a temperatura também aumenta e mais radiação fica retida quando aumentamos a concentração de gases.

Com esta análise constatou-se que três estudantes, os estudantes A<sub>01</sub>, A<sub>21</sub>, A<sub>27</sub>, realizaram a transposição do modelo, associando as observações feitas com a simulação para explicar o Efeito Estufa. A explanação do aluno 27 pode ser observada na resposta apresentada na categoria E<sub>91</sub>.

A análise também mostrou que seis estudantes ainda acreditam, ao final da atividade, que não existe nenhuma semelhança entre a presença dos gases de efeito estufa na atmosfera e as camadas de vidro em uma estufa, não respondendo a pergunta ou demonstrando não tê-la compreendido.

#### 4.4. Aula 4: Avaliação da Unidade de Ensino

Na quarta e última aula os estudantes produziram um texto, que foi o material analisado. Foram obtidas duas categorias, codificadas da seguinte forma: A<sub>ij</sub>, com i {1, 2} e j {I, II}, com a letra A representando a palavra Avaliação. As categorias foram divididas em dois temas, o primeiro “Compreendendo o Efeito Estufa” e o segundo destacando a “Importância do Efeito Estufa para a vida no planeta”.

##### a) Tema 1: Compreendendo o Efeito Estufa

Para o tema 1, compreendendo o Efeito Estufa, as categorias foram as seguintes:

A<sub>1 I</sub>: Identificam o Efeito Estufa como um fenômeno que ocorre quando uma parte da radiação infravermelha (ou calor), emitida pela superfície terrestre, é absorvida e refletida por determinados gases presentes na atmosfera.

Algumas respostas características nesta categoria são:

- a) O efeito estufa é causado pelo acúmulo de fótons infravermelho na atmosfera terrestre. ... Os gases retêm os fótons infravermelho deixando o planeta mais quente.
- b) É um fenômeno de aquecimento terrestre, onde são emitidas partículas de radiação infravermelha que ao serem absorvidas, promovem um aumento de temperatura na atmosfera.

A<sub>1 II</sub>: Identificam o efeito estufa como um fenômeno que ocorre quando o calor (energia) fica armazenado no planeta, porém não associando explicitamente esse fenômeno com a presença da camada de gases.

Algumas respostas características nesta categoria são:

- a) Ele faz com que o calor fique armazenado na Terra.
- b) Esse fenômeno se caracteriza pela concentração de gases na atmosfera, não permitindo a saída do calor, interferindo assim significativamente na temperatura.
- c) Efeito estufa é um conjunto de gases que funcionam como uma barreira, impedindo a perda total do calor adquirido pela terra.

d) Os gases formam uma “estufa”, impedindo que o calor irradiado volte para o espaço.

A tabela (7) mostra um resumo dos resultados obtidos com a análise do tema 1 da quarta aula.

**Tabela 7:** Resumo da das respostas dos estudantes ao tema 1 da aula 4. Nessa categoria 20 dos 24 estudantes foram analisados e o percentual é apresentado considerando o total dos estudantes.

<b>Categoria</b>	<b>Estudantes</b>	<b>Percentual (%)</b>
<b>A<sub>1 I</sub></b>	01, 07, 09, 11, 12, 14, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27	62,5
<b>A<sub>1 II</sub></b>	02, 04, 10, 16, 19	20,8

Com esta análise constatou-se que quinze dos vinte e quatro estudantes interpretam o efeito estufa como um fenômeno que ocorre quando uma parte da radiação infravermelha (ou calor), emitida pela superfície terrestre, é absorvida e refletida por determinados gases presentes na atmosfera. Cinco estudantes apresentaram o efeito estufa como um fenômeno que ocorre quando o calor (energia) fica armazenado no planeta, porém não associaram esse fenômeno com a camada de gases que impede o fluxo de calor. Mesmo não sendo solicitado, quatro estudantes apresentaram ao longo dos seus textos a descrição dos principais gases presentes na atmosfera, que participam do efeito estufa. Outro ponto que merece destaque foi a não apresentação, por parte de quatro estudantes, de nenhuma explicação significativa sobre o efeito estufa, fato que leva a crer que tais estudantes não desenvolveram uma aprendizagem a partir desse conjunto de atividades.

## **b) Tema 2: A importância do Efeito Estufa**

Para o tema 2: Compreendendo a importância do Efeito Estufa para a manutenção da vida na Terra, as categorias identificadas foram as seguintes:

A<sub>2 I</sub>: Identificam o Efeito Estufa como um fenômeno natural, que funciona como regulador de temperatura do planeta Terra, importante para a manutenção da vida.

Algumas respostas características nesta categoria são:

- a) Esse fenômeno é essencial para a vida no planeta terra, pois sem ele não existiria condições de vida.
- b) O efeito estufa ao agir reguladamente, pode manter a temperatura na medida certa.
- c) Esse é um fenômeno natural essencial a vida pois é ele quem regula a temperatura.
- d) Sem o famoso efeito estufa também não sobrevivemos, sem ele a temperatura seria mínima e a existência de vida seria inevitável.

A<sub>2 II</sub>: Caracterizam o Efeito Estufa como fenômeno intensificado devido ao acúmulo de gases na atmosfera, produzidos no desenvolvimento humano, resultando no aumento da temperatura do planeta.

Uma resposta característica nesta categoria é:

- a) A presença excessiva deles (gases) faz com que o planeta Terra armazene mais calor que o necessário.

A tabela (8) mostra um resumo dos resultados obtidos com a análise do tema 2 da quarta aula.

**Tabela 8:** Resumo das respostas dos estudantes ao tema 2 da aula 4.

<b>Categorias</b>	<b>Estudantes</b>	<b>Percentual (%)</b>
A <sub>2 I</sub>	02, 04, 07, 09, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27	79,1
A <sub>2 II</sub>	02, 04, 07, 09, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26	75,0

Com a segunda categoria constatou-se que os estudantes identificaram o Efeito Estufa como um fenômeno natural que funciona como um regulador de temperatura para o planeta Terra, sendo importante para a manutenção da vida. Além desse ponto, os estudantes também caracterizaram o Efeito Estufa como um fenômeno intensificado pelo acúmulo de gases na atmosfera, acúmulo esse produzido pelo desenvolvimento humano, resultando em um aumento da temperatura média do planeta.

Os resultados obtidos com a análise da primeira aula, presentes na tabela 3, mostram que 54,2% dos estudantes identificaram inicialmente a importância do Efeito Estufa como agente regulador da temperatura da Terra, porém nenhum estudante conseguiu explicar como o Efeito Estufa permitia regular a temperatura. Com a análise da atividade avaliativa, apresentada na tabela 8, é possível constatar que 79% dos estudantes identificaram o Efeito Estufa como um fenômeno natural que funciona como regulador de temperatura do Planeta Terra, importante para a manutenção da vida.

Ao término do desenvolvimento da UEPS, 75% dos estudantes caracterizaram o Efeito Estufa como um fenômeno intensificado devido ao acúmulo de gases na atmosfera, produzidos a partir do desenvolvimento humano, resultando no aumento da temperatura do planeta. Esse fato não foi observado no início da atividade. Essas comparações mostram indícios do desenvolvimento da aprendizagem. Com isso, podemos considerar que um dos objetivos da unidade de ensino foi alcançado.

#### **4.5. Construção do conhecimento**

Com o objetivo de compreender o processo de construção do conhecimento, foram selecionados cinco estudantes, os quais apresentaram concepções iniciais distintas, para se fazer análise da evolução conceitual durante o desenvolvimento da UEPS. A escolha desses ocorreu de acordo com a seguinte estrutura: separou-se os estudantes, partindo da tabela 1, em dois grupos, sendo o primeiro grupo contendo as categorias I<sub>1 I</sub>, I<sub>1 II</sub>, I<sub>1 III</sub> e o segundo contendo a categoria I<sub>1 IV</sub>. Com os grupos, a escolha foi aleatória, onde 60% é do primeiro grupo e 40% do segundo grupo. Na tabela 09 são apresentados os alunos sorteados e as categorias em que os mesmos se enquadravam durante a realização da Unidade de Ensino.

**Tabela 09:** Análise do desenvolvimento do processo de construção do conhecimento para cinco estudantes.

Estudantes	I <sub>11</sub>	I <sub>12</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>II</sub>	E <sub>11</sub>	E <sub>12</sub>	E <sub>21</sub>	A <sub>11</sub>
1		x	x		x		x	x
18								
20		x		x	x		x	x
22	x			x		x		x
24				x	x		x	x

Analisando a tabela (9), é possível verificar que os estudantes A<sub>18</sub> e A<sub>24</sub> não se encaixam em nenhuma das categorias relacionadas à investigação das concepções iniciais, codificada pela letra I. Isso se deve ao fato de suas respostas conterem apenas menção às consequências do efeito estufa ou serem inconclusivas, o que não permitiu que fossem categorizadas. Na atividade destinada à construção do modelo, identificadas pela letra M, observa-se que o estudante A<sub>24</sub> acreditava que a camada de vidro poderia ser comparada com a camada de ozônio, não relacionando-a ao efeito estufa. Já o estudante A<sub>18</sub> não apresentou respostas conclusivas. Na atividade destinada à explicação do modelo (E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub>), o estudante A<sub>24</sub> identificou a retenção e reflexão da radiação infravermelha como sendo responsável pelo aumento na temperatura e, numa etapa posterior da simulação, concluiu que as camadas de vidro funcionam como as camadas de gases, diferentemente do estudante A<sub>18</sub>, que novamente não apresentou respostas conclusivas. Por fim, na atividade avaliativa o estudante A<sub>24</sub> apresentou o Efeito Estufa como um fenômeno que ocorre quando uma parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre é absorvida e refletida por determinados gases presentes na atmosfera.

Com a análise do processo de construção do conhecimento, foi possível verificar que dois estudantes associaram a existência do Efeito Estufa com a existência da camada de ozônio. Na construção do modelo (estudo da camada de vidro), três estudantes relacionaram a camada de vidro com a camada de ozônio, porém isso não impediu que eles compreendessem o Efeito Estufa. Mesmo apresentando concepções iniciais distintas, é possível observar que 4 dos 5 estudantes analisados ao final do processo, conseguiram compreender e explicar o Efeito Estufa.

Com relação ao estudante A<sub>18</sub>, em nenhuma atividade ele apresentou respostas coerentes com as atividades que estavam sendo realizadas. O desempenho deste estudante e de outros 3, que sempre apresentaram respostas incoerentes, pode significar que eles não compartilharam os mesmos significados que o professor inseriu no material educacional, resultando em um insucesso no processo de construção desse conhecimento, por parte desses estudantes, com o uso da UEPS aqui proposta. O fragmento abaixo mostra como este estudante apresenta a influência do efeito estufa sobre a temperatura, tópico não discutido explicitamente na Unidade de Ensino:

“Aquecendo, mas o pior é que são encaminhados para os polos do planeta, aquecendo as calotas polares e diminuindo o resfriamento da terra com o derretimento dessas calotas polares.” A<sub>18</sub>.

De acordo com Ausubel (MOREIRA, 1999, 2009), sobre as condições necessárias para a construção de uma aprendizagem significativa, pode-se inferir acerca de duas possibilidades para explicar este insucesso: (i) ou o material educacional não conseguiu ser relacionável à estrutura

cognitiva do aprendiz e/ou (ii) o estudante não estava predisposto para aprender.

Diante dos resultados apresentados pode-se considerar que a construção e utilização da unidade foram satisfatórias. Ao término da unidade, 20 dos 24 estudantes integrantes da amostra analisada, conseguiram identificar claramente o que é o efeito estufa, produzindo explicações cientificamente corretas para o fenômeno. Isto nos leva a acreditar que estes estudantes se apropriaram desses conhecimentos. Outro ponto que pode ser destacado na unidade é a presença de uma possibilidade de mudança conceitual, que pode ser observada durante o desenvolvimento das atividades. Como principal exemplo destaca-se a concepção inicial de vários estudantes que indicavam que o Efeito Estufa era causado devido à presença da camada de ozônio, concepção esta alterada ao final do desenvolvimento da unidade.

No início do estudo alguns estudantes associaram o Efeito Estufa com a existência da camada de ozônio, o que leva a crer que esses estudantes encaram a camada de ozônio como uma estrutura rígida, que impede que os gases escapem para o espaço. Apesar dessa concepção inicial ter aparecido nos dados levantados no questionário investigativo, não foi constatada a presença de tal concepção na atividade avaliativa final, levando a conclusão que o material educacional possibilitou que os estudantes compreendessem o Efeito Estufa, superando tal concepção. No entanto, isso não significa que tal concepção tenha sido de fato superada. Acreditamos que ainda persistem indícios de que ela faça parte da estrutura cognitiva dos estudantes, ou seja, esses estudantes ainda acreditam que a camada de ozônio é uma camada rígida, pois a unidade de ensino não foi desenvolvida para realizar tal mudança. Porém, é possível verificar que ocorreu uma mudança na concepção inicial, pois os estudantes associaram, ao final da atividade, o Efeito Estufa com a interação da radiação infravermelha com a camada de gases.

## 5. Considerações sobre a Unidade de Ensino

A análise da UEPS *“Efeito Estufa: O Planeta em Ação”* nos faz acreditar que a maioria dos estudantes compreendeu o que é o Efeito Estufa e como ele influencia na temperatura do planeta. Os resultados obtidos com a unidade reforçam os estudos realizados por Ausubel (MOREIRA, 1999, 2009) e Novak (NOVAK; GOWIN, 1988), que destacam a importância de conhecer previamente a estrutura cognitiva dos estudantes e a importância dos materiais educacionais potencialmente significativos para que ocorra uma aprendizagem significativa.

Como utilizar o computador, em especial as simulações, no ensino ainda é um desafio à prática docente, espera-se que seu uso ocorra moldado ao contexto em que os estudantes estão inseridos. Não existe uma única forma, nem receita pronta para utilizá-los. Das possibilidades existentes para utilização dos simuladores (ARANTES, 2010), o presente trabalho procurou desenvolver sua utilização dentro de uma abordagem como atividade em grupo em sala de aula, buscando que os grupos compartilhassem, negociassem e refinassem significados, além de minimizarem as desvantagens apresentadas na literatura e potencializar a sua utilização na consolidação dos conceitos estudados.

No planejamento das atividades educacionais devemos sempre considerar os estudantes como agentes ativos no processo de construção do conhecimento, capazes de buscar respostas para diversas situações-problema e dotados de uma bagagem conceitual construída ao longo dos anos de escolaridade e em contato com a sociedade em que convivem. Assim, essas atividades deverão estar relacionadas a sua estrutura cognitiva e fundamentadas em teorias de aprendizagem, permitindo compreender o processo de construção do conhecimento e possibilitando uma análise da aprendizagem, conforme apresentado nesta pesquisa.

Na unidade analisada ficou comprovado que quatro estudantes não compartilharam os mesmos significados inseridos no material educacional. No entanto é possível que utilizando outra abordagem metodológica esses estudantes possam compartilhar significados e construir uma aprendizagem significativa.

O Ensino de Física no nono ano do Ensino Fundamental é essencial, pois nesse momento é possível perceber a presença de uma quantidade considerável de estudantes interessados em compreender a natureza e ainda sem aquele trauma, ao encarar a Física como um amontoado de fórmulas, presente no Ensino Médio. Além disso, esse é o primeiro contato dos estudantes com diversos conceitos fundamentais, e acreditamos que ele deva ocorrer de maneira mais conceitual, sem abrir mão, no entanto, das relações matemáticas, quando elas forem necessárias.

No nono ano deve-se buscar, também, o planejamento de atividades que valorizem o desenvolvimento de um raciocínio científico, essencial para disciplinas que, como a Física, estudam fenômenos naturais e procuram explicá-los. Além disso, tais atividades têm que valorizar o desenvolvimento de habilidades necessárias para a formação de cidadãos críticos e conscientes.

O produto deste trabalho, a Unidade de Ensino, foi baseado em atividades investigativas, centrada na ação do estudante. É importante para o estudante perceber que os passos em busca das soluções dos diversos problemas contêm as características de um trabalho científico, como discussão, reflexão e explicação dos fatos e fenômenos estudados. Tal prática busca despertar a mudança na postura do aprendiz.

Dessa forma, o papel do professor nas aulas vai além de ser apenas um observador e expositor de conteúdo. Ele passa a ter grande influência sobre ela, precisando interferir, argumentar e questionar para possibilitar que os estudantes construam seu próprio conhecimento. Convém ressaltar que, para que essa mudança ocorra, o professor deve auxiliar a construção do conhecimento dos estudantes, com a proposição de um ambiente de investigação e de atividades que estimulem a curiosidade dos estudantes. (CARVALHO; SASSERON, 2015). O professor deixa de ser um expositor dos conteúdos e passa a ser uma espécie de mediador do processo de ensino e aprendizagem. Entende-se que, dessa forma, o processo de ensino-aprendizagem se torna mais produtivo, como evidenciado pelos resultados encontrados neste trabalho.

## 6. Referências

- ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, p. 27–31, 2010.
- ARAÚJO, M. S. T. DE; ABIB, M. L. V. D. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176–194, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Interamericana, 1980.
- BAKI, A.; KOSA, T.; GUVEN, B. A comparative study of the effects of using dynamic geometry software and physical manipulatives on the spatial visualisation skills of pre-service mathematics teachers. **British Journal of Educational Technology**, v. 42, p. 291–310, 2009.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 70. ed. Lisboa: LDA, 1977.
- BEICHNER, R. J.; SAUL, J. M. The student-centered activities for large enrollment undergraduate

programs (SCALE-UP) project. **Proceedings of the International School of Physics “Enrico Fermi,”** p. 1–17, 2003.

BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. DE. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 30–59, 2014.

BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: Uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 194–223, 2007.

BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING, R. R. **How People Learn**. Washington D.C.: NATIONAL ACADEMY PRESS, 2000.

BRASIL, M. DA E. S. DE E. B. S. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: MEC, 2013.

CARVALHO, A. M. P. DE. Ensino e Aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas - (SEI). **O Uno e o Diverso na Educação**, p. 253–266, 2011.

CARVALHO, A. M. P. DE; SASSERON, L. H. Ensino de Física por Investigação: Referencial Teórico e as Pesquisas sobre Sequência de Ensino. **Ensino em Re-vista**, v. 22, n. 2, p. 249-266, 2015.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em Física Geral. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 1, p. 99–122, 2012.

FINKELSTEIN, N. D. et al. When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 1, n. 1, p. 1–8, 2005.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de Conteúdo**. 2º. ed. Brasília: Liber Livro Edltora Ltda, 2005.

KOLLOFFEL, B. et al. The effects of representational format on learning combinatorics from an interactive computer simulation. **Instructional Science**, v. 37, n. 6, p. 503–517, 2009.

LIBANORE, A. C. L. D. S. **AS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE estudantes DA 8ª SÉRIE DO ENSINO FUNDAMENTAL SOBRE O FENÔMENO DO EFEITO ESTUFA**. [s.l.] Universidade Estadual de Maringá, 2007.

LINS, M. J. S. DA C. Educação bancária: uma questão filosófica de aprendizagem. **Revista Educação e Cultura Contemporânea**, v. 8, p. 1–12, 2011.

MORAES, R. ANÁLISE DE CONTEÚDO. **Revista Educação**, v. 22, p. 7–32, 1999.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1999.

MOREIRA, M. A. Negociação De Significados E Aprendizagem Significativa. **Ensino, Saúde e Ambiente**, n. 1983-7011, p. 2–13, 2008a.

- MOREIRA, M. A. Organizadores prévio e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 7, p. 23–30, 2008b.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. **III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, n. Iii, p. pp. 33–45, 2010.
- MOREIRA, M. A. UNIDADES DE ENSEÑANZA POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS-UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, p. 43–63, 2011.
- MOREIRA, M. A. ¿Al final qué es aprendizaje significativo? **Revista Currículum**, v. 25, n. 1, p. 29–56, 2012.
- NASCIMENTO, V. B. DO; CARVALHO, A. M. P. DE. A natureza do conhecimento científico e Ensino de Ciências. **Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–12, 2007.
- NEVES, P.; VALADARES, J. O contributo dos manuais de física para o enriquecimento conceptual dos estudantes. **Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências**, v. 4, n. 2, p. 5–15, 2004.
- NOVAK, J.; GOWIN, B. Aprendiendo a aprender. **Barcelona Martínez Roca**, v. 194, p. 12–15, 1988.
- NSTA, N. S. T. A. The integral role of laboratory investigations in science instruction. In: **National Science Teachers Association**. [s.l: s.n.]. p. 1–5.
- OLIVEIRA, C. L. DE. Um apanhado teórico-conceitual sobre a pesquisa qualitativa: tipos, técnicas e características. **Revista Travessias**, v. 2, n. 3, p. 1–16, 2008.
- PASQUALETTO, T. I. **Ensino De Física No 9º Ano: Uma Proposta Metodológica Com Projetos Desenvolvidos a Partir De Situações- Problema**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. Ensino Por Ctsa: Almejando a Alfabetização Científica No Ensino Fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 333–352, 2008.
- ZACHARIA, Z. C.; OLYMPIOU, G. Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. **Learning and Instruction**, v. 21, n. 9, p. 317–331, 2011.